

# ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ

50

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Збірник наукових праць*

**ВИПУСК 1 (50)**

*Заснований у червні 1997 року*

Одеса – 2017

ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

№ 1 (50)  
2017

Заснований у червні 1997 року

Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво Міністерства юстиції України  
про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 17536-6286 Р від 11.02.2011 р.

УДК 629.12.002(082)

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України,  
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт  
на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук  
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 820 від 11.07.16)

Засновник і видавець:  
виз «Одеський національний морський університет»  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

Редакційна колегія:  
д-р техн. наук, проф. *С.В. Руденко* – відп. редактор  
канд. техн. наук, доц. *О.В. Демідюк* – заст. відп. редактора  
*Г.І. Силакова* – відповід. секретар

д-р фіз.-мат. наук, проф.	<i>Андронов І.Л.</i>	д-р техн. наук, проф.	<i>Івановський В.Г.</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Вассерман О.А.</i>	д-р техн. наук, проф.	<i>Іванченко О.О. (Росія)</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Гришин В.О.</i>	д-р техн. наук, проф.	<i>Козляков В.В.</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Гришин А.В.</i>	д-р економ. наук, проф.	<i>Ланкіна І.О.</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Дубровський М.П.</i>	д-р економ. наук, проф.	<i>Махуренко Г.С.</i>
д-р техн. наук	<i>Дульнев О.І. (Росія)</i>	д-р економ. наук, проф.	<i>Постан М.Я.</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Єгоров Г.В.</i>	д-р техн. наук, проф.	<i>Яровенко В.О.</i>
д-р техн. наук, проф.	<i>Єзупов К.В.</i>		

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеського національного морського університету  
(протокол № 10 від 29 березня 2017 р.)

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв,  
назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.

Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися  
з точкою зору редакційної колегії, не покладають на неї ніяких зобов'язань.  
Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

© Вісник Одеського національного морського університету, 2017

ЗМІСТ

---

---

**ГІДРОДИНАМІКА, ТЕОРІЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ**

**Егоров Г.В.**

О проектировании судов смешанного река-море плавания с учетом функции перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов ..... 5

**Егоров Г.В., Автутов Н.В., Черников Д.В.**

«Линейка» служебно-вспомогательных и технических судов нового поколения ..... 26

**Ефремова Н.В., Нильва А.Е.**

Определение характеристик волнения вокруг удлиненных объектов, плавающих без хода в мелководной акватории ..... 55

**БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА, МІЦНІСТЬ СУДЕН ТА СПОРУД**

**Коростылёв Л.И., Литвиненко Д.Ю.**

Оценка усталостной прочности судокорпусных узлов экспериментально-теоретическим методом с учетом нерегулярности нагружения ..... 71

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Коноплёв А.В., Кононова О.Н., Кобаков А.Г.**

Сравнительная оперативная оценка долговечности новых и восстановленных деталей ..... 92

**Лукаш Э.П., Партолога М.И.**

Анализ динамических характеристик судов смешанного плавания ..... 100

**Мінаков В.М.**

Зміни динамічних навантажень у черв'ячній передачі в процесі зношування ..... 108

**РОЗВИТОК ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**Федорова К.Ю.**

Підвищення енергоефективності споруд за рахунок енергозберігаючих заходів ..... 114

**Кныш А.И., Беспалова А.В., Дашковская О.П.,**

**Файзулина О.А.**

Оптимизация технической эксплуатации подъемно-транспортных машин на примере портального крана ..... 120

---

---

## ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**Мінакова С.М.**

Світовий досвід використання транспортно-логістичних систем підприємств в умовах глобалізації ..... 131

**Вишневская О.Д.**

Идентификация системы факторов риска в процессе производственной деятельности морских судов ..... 138

**Лапкин А.И.**

Взаимные расчеты сторон при отфрахтовании судна на условиях тайм-чартера ..... 148

## УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ І ПРОГРАМАМИ

**Коваленко И.И., Чернов С.К., Чернова Л.С.**

Об одном подходе к построению методики диагностики рисков наукоемких предприятий ..... 158

**Шамов А.Б., Смажило Б.В., Котенко Р.В., Кобзарук А.В.**

Проектно-ориентированное управление виртуальными предприятиями ..... 165

**Piterska Varvara M.**

Modeling of innovation activity of knowledge-based enterprises based on project management methodology ..... 178

## ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ

**Адамчук Н.В., Андреевская Г.М.**

Лекция как интерактивный элемент системы Moodle ..... 190

**АВТОРИ ЗБІРНИКА** ..... 198

**ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ** 201

УДК 629.5.01

Г.В. Егоров

**О ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВ  
СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ С УЧЕТОМ ФУНКЦИИ ПЕРЕВОЗКИ  
НЕГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ**

*Показана история перевозок крупногабаритных грузов (КТГ), приведена их классификация. Проанализированы проекты существующих судов, перевозящих КТГ. Предложены современные концепты таких судов, учитывающих конъюнктуру рынка.*

*Ключевые слова: проектирование, анализ, перевозки, крупногабаритный груз, существующие суда, новые концепты, функциональность.*

*Показано історію перевезень великогабаритних вантажів (ВВ), наведено їх класифікацію. Проаналізовано проекти існуючих суден, що перевозять ВВ. Запропоновано сучасні концепти таких суден, що враховують кон'юнктуру ринку.*

*Ключові слова: проектування, аналіз, перевезення, великогабаритний вантаж, існуючі судна, нові концепти, функціональність.*

*The history of transportations of bulky cargoes (BC) is shown, their classification is given. Projects of existing vessels for BC transportation are analyzed. Modern concepts of such vessels with account of market conditions are offered.*

*Keywords: design, analysis, transportations, bulky cargo, existing vessels, new concepts, functionality.*

**Постановка проблемы.** Известные сложности на сухогрузном рынке подвигают судовладельцев использовать все возможные способы увеличения доходности от работы судов. Особое место при этом отводится нестандартным, негабаритным грузам. Можно сказать, что именно такие «немассовые» грузы, появление которых на рынке происходит сугубо по своим законам, заметно улучшают экономические показатели новых серий сухогрузных судов, таких как, например, «Каспиан Экспрессы» проекта 003RSD04 и «Нева-Лидер» проекта RSD49, а также новых заказов (проект RSD59).

**Целью статьи** является изучение ретроспективы перевозок крупногабаритных грузов (КТГ) отечественными судами и исследования ориентированных на эту тему возможностей сегодняшнего флота, включая новые серии.

**Изложение основного материала.** Действующие Правила [8; 9] дают следующие определения грузов, которые в практике относят к КТГ:

- крупногабаритные грузы (КГ) – грузовые места, один из размеров которых превышает льготный габарит погрузки подвижного состава железных дорог РФ по длине – 14 м; ширине (или диаметру) – 3,4 м; высоте – 3,4 м;

- тяжеловесные грузы (ТГ) – грузовые места массой более 35 т, размеры которых, менее указанных параметров крупногабаритных грузов;

- крупногабаритные тяжеловесные грузы (КТГ) – грузовые места массой более 35 т с размерами крупногабаритного груза;

- уникальные крупногабаритные тяжеловесные грузы (УКТГ) – грузовые места массой более 100 т с размерами крупногабаритного груза».

Таким образом, все грузы, превышающие габариты, допустимые для перевозки по железной дороге или (и) имеющие массу более 35 тонн, – это КТГ.

КТГ представляют собой плавсредства, тяжелую технику, самолеты, турбины, генераторы, двигатели, реакторы, элементы промышленного оборудования, элементы буровых платформ, цистерны, трубы большого диаметра, кабельные барабаны и другие нестандартные продукты машиностроения и строительные конструкции, иногда совершенно уникальные, такие как основания для памятников и сами памятники [5].

• Как показывает опыт Морского Инженерного Бюро, масса КТГ в советской и российской практике крайне редко превышала 400 тонн, в любом случае, при обсуждении проектов судов с ведущими специалистами в этой области называлась предельная величина в 2000 тонн.

#### **Примеры КТГ:**

- перевозка на Дальний Восток 4 судов проекта DCV47 типа «Сосновка» массой 370 тонн и габаритами длина x ширина = 42,6 x x 38,73 м;

- перевозка на реку Обь газовой турбины массой 384 тонн; паровой турбины массой 207 тонн; генератора паровой турбины массой 412 тонн;

- перевозка оборудования на Каспий (см. загрузку одного из судов проекта 003RSD04 на рисунке 1);

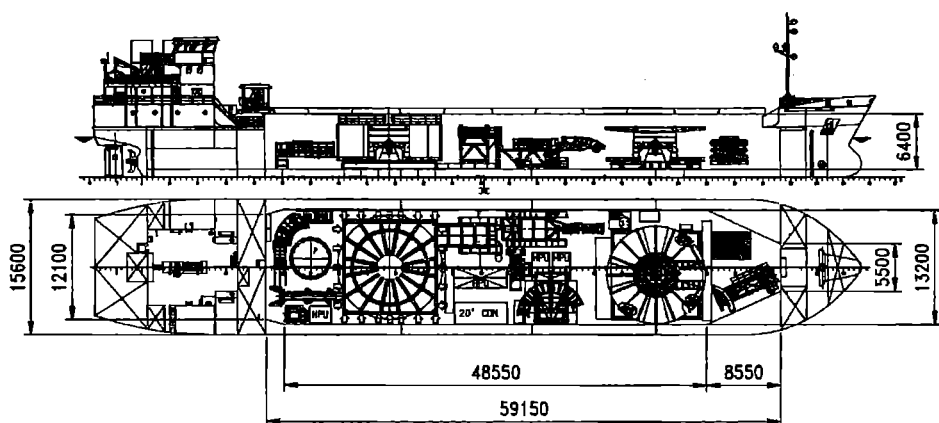
- перевозка по проекту ЦНИИМФ колонны дегидрирования пропана массой 1095 тонн, длиной 96 и диаметром 11 метров;

- перевозка на Каспий элементов буровой платформы из указанных в таблице 1 частей.

**История перевозок КТГ.** В советское время был накоплен значительный опыт таких морских и речных перевозок. Можно вспомнить, как в 1980-е годы использовался балкер Черноморского пароходства «Задонск» для перевозок барж и маломерных судов на Дальний Восток. Была усилена верхняя палуба, на крыше рулевой рубки на специальной П-образной опоре смонтировали дополнительный «мостик» для обеспечения видимости.

*Пример КТГ – части буровой платформы*

Номер	Вес, т	Габаритные размеры, м		
		длина	ширина	высота
1	341	33,5	8,7	8,2
2	341	33,5	8,7	8,2
3	341	33,5	8,7	8,2
4	234	19,2	6,0	5,7
5	234	19,2	6,0	5,7
6	228	27,1	6,1	5,6
7	289	27,5	8,7	8,2
8	263	42,9	6,5	6,0
9	352	37,1	5,9	5,3
10	234	58,2	8,4	7,9
11	322	44,5	5,0	6,5
12	298	59,5	8,6	8,5
13	351	47,5	10,3	10,3



*Рис. 1. Пример размещение КТГ на судне проекта 003RSD04*

Другие балкера массово использовались для перевозки труб большого диаметра (ТБД) в Обскую губу. Однако в большинстве своем такие перевозки осуществлялись на переоборудованных, но неспециализированных судах.

Исключением были только специально закупленные во Франции несамоходные баржи-площадки типа «ТМИ», с которых собственно и началась уже новейшая история перевозок КТГ в России.

Сейчас перевозки КТГ водным транспортом осуществляются судами и несамоходными баржами смешанного река-море плавания из



морских портов Европы, Турции, России, а также с рейдовых морских перевалок к пункту назначения на ВВП (или транзитом через ВВП на Каспий). Вариации, как правило, связаны с исходным местом погрузки КТГ, что, собственно, и определяет класс выбранного судна (баржи) смешанного река-море плавания или, в некоторых случаях, внутреннего плавания.

Отечественные судовладельцы имели в своем распоряжении незначительное количество судов ограниченных районов плавания (СОРП), приспособленных в той или иной степени к перевозке КТГ. Как правило, речь идет о смешанном река-море плавания однотрюмных судах типа «СТ» (проекты 19620, 191 и P167), судах типа «Рейн» (и близких к ним проектам) и самоходных баржах-площадках проектов 16800, 16801 и типа «ТМИ». Данные по этим проектам даны в таблице 2.

Главный недостаток существующих самоходных СОРП состоит в том, что они не предназначались для перевозки КТГ. Поэтому, учитывая, что самоходные суда, как правило, проектировались в 70-80-е годы прошлого столетия, значительная часть из них имеет следующие ограничения, снижающие эффективное их использование в качестве судов для КТГ:

- недостаточный размер грузового трюма (особенно длина и высота);
- наличие гофрированных люковых закрытий с трапецидальным поперечным сечением, что требует при перевозке КТГ на них устройства специальных выравнивающих фундаментов;
- малая мощность и изношенность главных двигателей, и как следствие, недостаточная эксплуатационная скорость и ее значительное падение в штормовых условиях, как следствие, при перевозке КТГ на крышках возможность попадания в сверхпроектные условия по фактически действующим нагрузкам;
- недостаточная местная прочность второго дна и особенно люковых закрытий;
- недостаточная видимость из рулевой рубки при наличии на крышках груза.

**Нормативные документы.** В разное время были разработаны специальные «Правила морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов», «Правила морской перевозки супертяжеловесных и крупногабаритных грузов на транспортных и краново-монтажных плавучих средствах», которые отразили накопленный опыт перевозки КТГ.

В 1988 году на кафедре строительной механики корабля ОИИМФ под руководством проф. В.В. Козлякова для Министерства нефтяной промышленности СССР были разработаны «Правила морской перевозки супертяжеловесных и крупногабаритных грузов на транспортных и краново-монтажных плавучих средствах» [6]. Нагрузки определялись на основе долговременного распределения с обеспеченностью  $10^{-8}$ .

Таблиця 2

Основные параметры существующих сухогрузных СОРП для перевозки тяжёловесных грузов

Проект, тип	Пр. 19620, типа «СТ»	Пр. 92-063, типа «Рейн»	Баржа пр. 16801	Баржа типа ТМИ
Габаритные длина x ширина x высота борта, м	89,12×12,0×6,00	87,90×12,80×7,10	85,7×16,5×3,30	90,0×16,3×5,30
Дедвейт при	2736 (4,10 м)	3736 (5,498 м)	2216 (2,268 м)	2400 (2,5 м)
Дедвейт при осадке 3,60 м, т (в реке)	2156	1826	-	-
Размеры трюмов, м ( <i>l</i> × <i>b</i> × <i>h</i> )	41,25×9,00×6,00	56,55×10,20×8,15	67,2×12,70 (грузовая палуба)	74,0×14,3 (грузовая палуба)
<i>p</i> , т/м <sup>2</sup>	6,0	15,0	10,0	10,0 в ДП, 15,0 по бортам
Вместимость трюмов, м <sup>3</sup>	2391	4650	853 (площадь)	1120 (площадь)
Класс Регистра	КМ ★ Л4 ИСП (Л4 при осадке ≤ 3,00 м)	Hull ✕ 100 A5 E G SOLAS-II-2, Reg.19 General Cargo Ship with Double hull, Equipped for Carriage of Containers Machinery ✕ MС E АUТ	К ★ Л4 ИСП	К ⚓ Л2 1

Средства крепления рассчитывались по методу предельных нагрузок. Допускался предел текучести в жестких связях и 0,5 разрывной нагрузки в гибких связях. При перевозке ТБД устройства крепления на палубе включали:

а) опорные детали для восприятия всей/части вертикальной нагрузки (металлические балки, кильблоки, сепарация деревянная, прокладки резиновые);

б) вертикальные упоры для удержания штабеля от поперечной сдвижки;

в) гибкие найтовы для предотвращения рассыпания штабеля.

В 1990 году ЮжНИИМФ под руководством к.т.н. Я.М. Элліса были разработаны «Правила морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» [7], которые использовали нагрузки, полученные для наиболее тяжелого стационарного режима. При этом применялись аппроксимации результатов расчета качки судов с учетом 6 степеней свободы на основе современной гидродинамической теории качки на 2-х мерном морском волнении с учетом районов плавания, влияния скуловых килей, фазовых соотношений между бортовой и вертикальной качкой судна. Не учитывались положение груза на судне, значения м.ц. высоты, скорости. Расчеты креплений производились в упругой стадии.

В 1996 году ЦНИИМФ под руководством к.т.н. Е.Б. Карповича были выпущены «Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов» РД 31.11.21.16-96 [9], которые включали правила по перевозки металлопродукции, подвижной техники, ЖБИК, пакетированных грузов, КТГ, тарно-штучные грузов, лесных грузов, гранита и мрамора в плитах и глыбах и т.п. Генеральные грузы рассматривались в двух видах – как грузовые места (абсолютно твердые тела) и как имеющие дискретную структуру (пакеты, металлолом, чугун в чушках и др.) – структурообразующие грузы. Последние характеризовались углом статической устойчивости структуры (угол в момент начала разрушения структуры в форме опрокидывания, соскальзывания и потери устойчивости структуры). Использовались судовые устройства для крепления как стационарные (рымы, обухи, скобы, гнезда), так и съемные (найтовные, закладные, обвязочные – ленты, сетки).

В 1996 году проф. Г.В. Бойцов и к.т.н. С.В. Сочинский опубликовали «Практическую методику расчета крепления на судах крупногабаритных и тяжеловесных грузов». Методика была построена на основе расчетов по гидродинамической теории качки на 3-х мерном волнении. Учитывала действительную форму корпуса, реальное положение груза и весовую нагрузку судна, значение м.ц. высоты и скорости судна, курсовой угол, нелинейность бортовой качки и спектральную плотность волновых ординат.

С момента вступления в силу требования о наличии на судах «Наставлений по креплению груза» специалистами Морского Инженерного Бюро были обработаны различные типы сухогрузных судов. Работы про-

изводились в соответствии с Циркулярным письмом ИМО № 745, «Руководство по подготовке Наставления по креплению груза» от 13 июня 1996 г. и с учетом требований соответствующих Норм и Правил в зависимости от флага судна и классификационного общества, включая Регистр Ллойда, Германский Ллойд, Бюро Веритас, Норвежский Веритас, Американское Бюро Судоходства и Российский морской Регистр судоходства (РС) [2].

Принципиальным для безопасной перевозки КТГ с точки зрения нормативных документов является обеспечения рационального размещения и надежного крепления груза на судне, местной прочности судовых конструкций, контактирующих с грузом, а также остойчивости при размещении на грузовой палубе или на люковых закрытиях.

Соответственно для многоцелевых судов, перевозящих КТГ, важны размеры трюмов (в особенности длины трюма 50 м и более), отсутствие в них выступающих конструкций, подзоров, карманов, их «ящичность»; возможность приема балласта, достаточного для обеспечения остойчивости; наличие мощных балок в конструкции двойного дна (или грузовой палубы), позволяющих на них разносить нагрузки от опор КТГ; достаточное количество рымов и обухов. Понятно, что наличие длинного трюма положительно влияет на размещение негабаритных грузов, но создает проблемы для перевозки грузов, опасных сухим смещением (например, зерна), что требует наличия съемных поперечных переборок (moving bulkheads). Кроме того, достаточно протяженные по длине судна вырезы люков способствуют избыточному смещению продольных комингсов люков, вплоть до невозможности закрытия крышек. Для компенсации таких перемещений применяют дополнительные опоры в виде съемных бимсов, а также более частое размещение рамных шпангоутов (например, не через три шпации, а через две).

Специализированные суда такого типа (как правило, в нашей практике, самоходные баржи) должны иметь утопленные ниже уровня грузовой палубы кнехты и другие элементы якорно-швартовного устройства, дабы иметь возможность размещать КТГ по всей ширине судна, а также весьма мощную балластную систему, позволяющую обеспечить выгрузку КТГ массой до 2000 тонн на берег.







**Новые суда для перевозки КТГ.** В состав «линейки» Морского Инженерного Бюро (см. таблицы 3 и 4) входят востребованные на современном рынке транспортных услуг классы сухогрузных судов смешанного и ограниченного района плавания, в том числе:

- «Волго-Дон макс» – класс, который определяется габаритными размерами шлюзов ВДСК и имеет максимально возможную для характеристической в реке осадки 3,60 м грузоподъемность до 5000 т, при этом грузоподъемность при максимальной осадке составляет около 7000 т [4];

- «Волго-Балт / Сормовский» – класс, который имеет для характеристической осадки в реке 3,60 м грузоподъемность около 3000 т;

Таблица 3







Основные типоразмеры сухогрузных СОРП, используемых для перевозки КТГ,  
спроектированных Морским Инженерным Бюро

Отличительная особенность класса судна, номер проекта Морского Инженерного Бюро	Вид сбоя (см. табл. 4)	Габаритные длина x ширина x высота борта, м	Дедвейт при осадке максимальной осадке, т	Дедвейт при осадке 3,60 м, т (в реке)	Размеры трюмов, м (LxBxH)	$\rho$ , т/м <sup>2</sup>	Вместимость трюмов, м <sup>3</sup>	Класс Регистра	
									1
<b>«Волго-Дон макс» класс (самоходные суда)</b>									
RSD59	1	141,00x16,98x6,00	7542e (4,50 м)	5209	77,35x12,25x9,0, 27,03x12,25x9,0,	12	11200	KM  Ice2 R2 AUT1-ICS	
RSD49	2	139,95x16,50x6,00	7154 (4,70 м)	4518	51,72x12,7x8,35, 25,72x12,7x8,35, 27,3x12,7x8,35	12	10920	KM  Ice2 R2 AUT1-C	
RSD20	3	139,22x16,50x6,20	7162 (5,00 м)	3961	33,6x13,0x8,9, 32,9x13,0x8,9, 33,6x13,0x8,9	10	11401	KM  LU2 IIA1	
RSD44	4	139,99x16,80x5,00	5562 (3,53 м)	5543	49,8x13,2x6,17, 37,8x13,2x6,17	5,1	7090	 M-PP 2,5 (лед 20) A	
RST54	5	140,85x16,70x5,00	5771 (3,527)	5745	102,85x12,48x2,0 (бункер)	5,5	1284**	 M-PP 2,5 (лед 30) A	
<b>«Волго-Дон макс» класс (несамоходные суда)</b>									
RDB15	6	96,00x16,73x5,30	4272 (3,54 м)	3886 (3,30 м)	87,3x16,7*	1,5	1428**	K  R1	

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Грузоподъемность около 3000 т при осадке 3,6 м, взамен «Волго-Балтов» / «Сормовских»</b>							
RSD54	7	115,00×16,50×4,60	4663 (3,75 м «О»)	4394 («М»)	79,2×13,2×1,84 (бункер)	5,5	1045**	✗ М 3.0 (пед.30), А
005RSD03	8	108,33×16,70×5,50	5499 (4,792 м)	3340	21,45×12,7×8,3, 27,3×12,7×8,3, 26,55×12,7×8,3	7,5	7833	КМ ⊕ ЛУ2 □ II СП АЗ
RSD10	9	99,90×15,80×5,80	4505 (4,80 м)	2690	32,5×12,5×7,5, 32,5×12,5×7,5	10	6000	⊕ 100А5 «G» «Е1» МС АУТ 24 «Е1» «SOLAS II-2, Reg. 19»
	<b>Грузоподъемность около 3000 т при осадках 4,2-4,5 м, «Азовский третьюсачник»</b>							
003RSD04	10	89,73×15,80×5,75	3756 (4,461 м)	2584	59,15×13,20×6,4	7	4832	КМ ⊕ ЛУ1 II АЗ
003RSD04/ALB02	11	89,85×15,60×5,75	3510 (4,464 м)	2339	59,00×12,70×6,4	7	4491	КМ ⊕ ЛУ2 II АЗ
003RSD04/ALB03	12	89,17×15,60×6,80	4416 (5,286 м)	2243	59,00×12,70×7,45	7	5486	КМ ⊕ Ice3 R1 АУТ3
RSD16	13	89,73×13,50×6,10	3152 (4,50 м)	2106	58,5×10,8×6,9	10	4300	КМ ⊕ ЛУ1 II АЗ (ОВНМ)
	<b>Европейские «контеры», Грузоподъемность около 5000-6000 т при осадке 5,5 м</b>							
DCV46	14	119,67×15,80×8,30	7443 (6,11 м)	4674 (4,50 м)	56,0×13,4×9,0, 29,4×13,4×9,0	12	10111	Hull: ✗ 100 А5 Е1 G Multi-Purpose Dry Cargo Ship, SOLAS-II-2, Reg.19, Equipped for Carriage of Containers, DBC Machinery: ✗ МС Е1 АУТ

Продолжение табл. 3

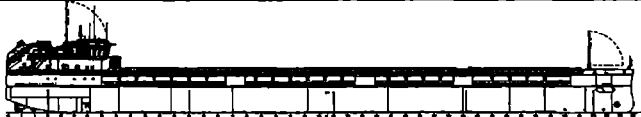




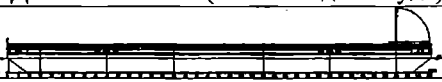

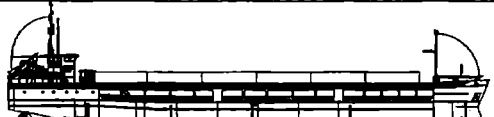
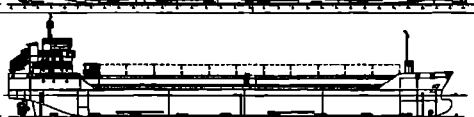
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Европейские «состары» с конвенционной длиной до 85 м</b>								
DCV36	15	89,96×14,50×7,20	5026 (6,40 м)	2748 (4,50 м)	60,0×11,5×9,17	14	6228	KM  Ice3 AUT1
DCV33	16	89,99×14,00×7,15	4509 (5,812 м)	3019 (4,50 м)	60,0×11,5×8,3	12	5611	Hull:  100 A5 E2, G, DBC, SOLAS II-2, Reg.19, General Cargo Ship, Equipped for Carriage of Containers Machinery:  MC E2 AUT
DCV43	17	89,99×14,00×7,15	4499 (5,81 м)	3009 (4,50 м)	58,8×11,5×8,3	12	5527	Hull:  100 A5 E2 SOLAS-II-2, Reg.19, G, DBC, Multi-Purpose Dry Cargo Ship, Equipped for Carriage of Containers Machinery:  MC E2 AUT
<b>Малое накатное судно снабжения с возможностью высадки на псебурдовашный берег</b>								
DCV47	18	42,60×8,82×2,70	264 (2,175 м)	-	25,2×6,40*	15	140**	KM  Ice2 <input type="checkbox"/> R1 AUT3 OMBO

\* размеры грузовой палубы с учетом участка для размещения судовых устройств

\*\* чистая площадь грузовой части палубы, м<sup>2</sup>

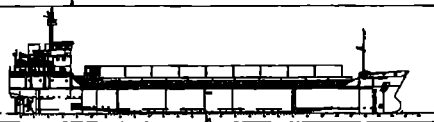

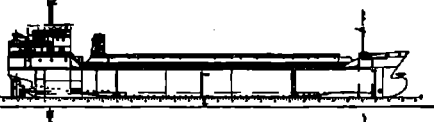
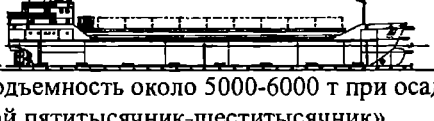
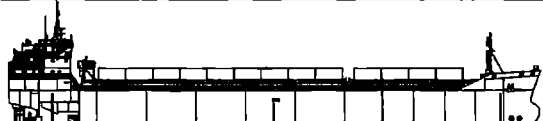
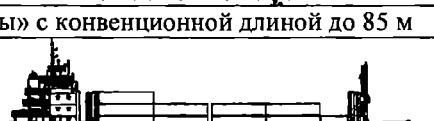


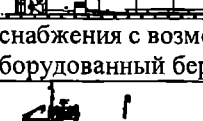
Таблица 4

*Схемы общих боковых видов ряда сухогрузных судов МИБ,  
используемых для перевозки КТГ*

Номер	Проект, максимальный дедвейт	Вид сбоку
«Волго-Дон макс» класс (самоходные суда)		
1	RSD59, 7500 т	
2	RSD49, 7154 т	
3	RSD20, 7162 т	
4	RSD44, 5562 т	
5	RST54, 5745 т	
«Волго-Дон макс» класс (несамоходные суда)		
6	RDB15, 4272 т	
Грузоподъемность около 3000 т при осадке 3,6 м, взамен «Волго-Балтов» / «Сормовских»		
7	RSD54, 4663 т	
8	005RSD03, 5499 т	
9	RSD10, 4505 т	



Продолжение табл. 4

Номер	Проект, максимальный дедвейт	Вид сбоку
Грузоподъемность около 3000 т при осадках 4,2-4,5 м, «Азовский трехтысячник»		
10	003RSD04, 3756 т	
11	003RSD04/ALB02, 3510 т	
12	003RSD04/ALB03, 4416 т	
13	RSD16, 3152 т	
Европейские «коастеры», грузоподъемность около 5000-6000 т при осадке 5,5 м, «Дунайский устьевой пятитысячник-шеститысячник»		
14	DCV46, 7443 т	
Европейские «коастеры» с конвенционной длиной до 85 м		
15	DCV36, 5026 т	
16	DCV33, 4509 т	
17	DCV43, 4499 т	
Малые накатные суда снабжения с возможностью высадки на необорудованный берег		
18	DCV47, 264 т	

- класс европейских «коастеров», который имеет для характеристической в российских портах Азовского моря осадки 4,20-4,50 м грузо-

подъемность около 3000 т, конвенционную длину до 85 м, позволяющую не устанавливать спасательные шлюпки, и один «ящичный» трюм, хорошо приспособленный для проектных грузов; суда могут работать на внутренних водных путях РФ [1];

- класс европейских «коастеров», которые предназначены для работы на российские порты Северо-Запада и Севера (Сабетта и т.п.), без захода на внутренние водные пути РФ, дедвейт около 4500-5000 тонн при осадках около 5,5-6,5 м, имеют конвенционную длину до 85 м и высокий ледовый класс для зимней эксплуатации на Санкт-Петербург и Архангельск.

Практически все эти суда являются многоцелевыми сухогрузными судами, причем ориентированными в первую очередь на массовые грузы, а не на КТГ. Поэтому, как правило, они имеют по три-четыре грузовых трюма.

Совершенно иная ситуация в Сибири, Севере Европейской части. Причем рассматривать вопрос о пополнении флота северных рек необходимо, исходя из имеющихся в наличии и перспективных грузопотоков конкретного региона, его народнохозяйственных потребностей. Соответственно и проекты судов нового поколения будут для Дальнего Востока и Сибири отличаться от концептов европейской части (ниже приведен пример такого судна – концепт пр. DCV47 [3]).

В новом поколении судов – коастеров и смешанного река – море плавания есть проекты, специально предназначенные для перевозки КТГ, и в которых практически все перечисленные выше недостатки старых судов были устранены. Всего таких многоцелевых судов, перевозящих КТГ, построено 72 единицы.

Суда семи проектов имеют один трюм значительной длины, позволяющий совершать рейсы с оборудованием и другими негабаритными грузами. Такой же трюм есть на судне «Волго-Дон макс» класса (трехтрюмное судно проекта RSD49 и двухтрюмное перспективное судно проекта RSD59) и двухтрюмном судне проекта RSD44.

Из них функцией река-море плавания обладают 23 судна проектов RSD49, RSD20, 003RSD04. 16 судов проектов DCV33, DCV36 являются классическими «коастерами», т.е. на реку они не работают. Один проект – RST54, перевозит КТГ и другие сухие грузы на верхней грузовой палубе, т.е. является судном-площадкой.

Особое место занимают 12 однотрюмных судов проекта 003RSD04 типа «Каспийан Экспресс», которые специально оптимизировались для работы при осадках 4,1-4,5 м российских портов Азовского и Каспийского морей с возможностью прохода по Волго-Донскому судоходному каналу, являясь продуктом симбиоза европейских судов прибрежного плавания и отечественных условий. Суда перевозят КТГ с портов Европы на порты Каспия. Особенностью концепта является наличие одного «ящичного» трюма размерами 59 x 13,2 x 6,4 м при расчетной длине судна 85 м. Люковые закрытия типа multifolding.

Не менее интересна серия RSD49 с длинным вторым трюмом (см. рисунок 2).

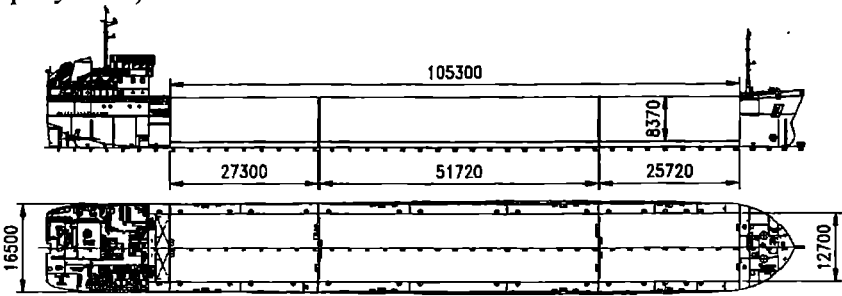


Рис. 2. Трюма сухогрузного судна проекта RSD49

Семь многоцелевых сухогрузных судов проекта RSD49 типа «Нева-Лидер» Северо-Западного пароходства с конца 2012 года выполнили 14 рейсов с негабаритным оборудованием, а в период с января по сентябрь 2014 года – 7 отправок оборудования из портов Южной и Северной Европы на Каспий, Поволжье, Санкт-Петербург. Все три трюма выполнены ящичной формы, гладкостенные, удобные для проведения грузовых работ и размещения груза без шпивки. Размеры грузовых трюмов 26,0 x 12,7 м (трюм №1), 52,0 x 12,7 м (трюм №2) и 27,3 x 12,7 м (трюм №3) при высоте 8,4 м. Грузовые трюмы оборудованы складывающимися люковыми закрытиями типа «Folding» фирмы Карготек, обеспечивающими 100 %-е раскрытие трюмов. Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки 12,0 т/м<sup>2</sup>.

Преемником проекта RSD49 является новый сухогрузный проект RSD59, который выполнен в «сверхполных» обводах уже с двумя сухогрузными трюмами, один из которых имеет рекордную для «Волго-Дон макса» длину.

Преимущества проекта RSD59 (см. рисунок 3) по сравнению с лучшим из строящихся сухогрузов для перевозки КТГ и СТГ проекта RSD49:

- наличие длинного трюма  $L = 77,35$  м (на судне проекта RSD49  $L = 52$  м), позволяющего перевозить КТГ, что актуально для рынка стран Каспийского региона;
- высота трюма больше на 620 мм (9000 мм), чем на судне проекта RSD49, что позволяет перевозить контейнеры высотой до 9,6 футов – «high cube containers» (3 таких контейнера в высоту);
- дедвейт при осадке 3,60 м 5209 тонн (у проекта RSD49 – 4507 тонн), что больше на 702 тонны;
- дедвейт при осадке 4,20 м 6831 тонна (у проекта RSD49 – 6021 тонна), что больше на 810 тонн;
- дедвейт при максимальной осадке 4,50 м 7542 тонны (у проекта RSD49 при максимальной осадке 4,70 м 7143 тонны), что больше на 399 тонн;

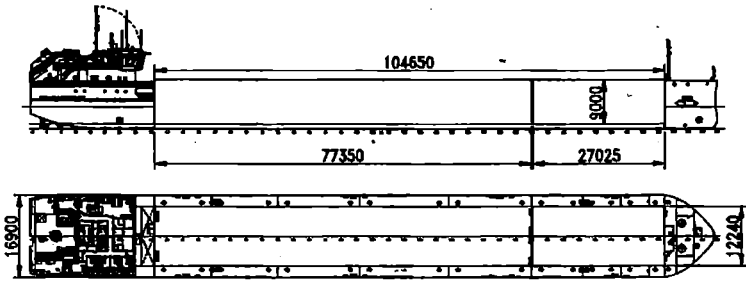


Рис. 3. Трюма сухогрузного судна проекта RSD59

- установлены локовые закрытия съемного типа. Открывание и закрывание каждой секции осуществляется при помощи специального козлового крана, который по-походному располагается в районе носовой переборки жилой надстройки;

- движение и управляемость обеспечиваются двумя ВПК (лучше маневренность в узкостях, больше грузового пространства за счет уменьшения размеров МО).

В конце 2016 года на заводах Красное Сормово и Невском было заказано 10 судов проекта RSD59.

Новые суда «коастеры» проекта DCV36 (см. рисунок 4) предназначены для морских (в том числе по части Северного морского пути) перевозок генеральных и навалочных грузов, включая 20-ти и 40-футовые контейнеры международного стандарта высотой до 9,5 футов (в том числе часть из них рефконтейнеры), металла, зерна, леса, угля, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 и Приложения В Кодекса ВС. Габаритная длина судна 89,96 м, расчетная длина 84,89 м, ширина 14,5 м, высота борта 7,5 м, осадка по ЛГВЛ – 6,40 м, дедвейт при этой осадке 5039 тонн.

Трюм выполнен ящичной формы, гладкостенный, удобный для проведения грузовых работ и размещения груза без штивки. Размеры грузового трюма 60,0 x 11,5 x 9,20 м, что гарантирует размещение трех ярусов контейнеров высотой до 9,5 футов, а также обеспечивает возможность перевозки крупногабаритных нестандартных грузовых мест. Объем грузового трюма составляет 6230 м<sup>3</sup>. Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки 14,0 т/м<sup>2</sup>.

В таблице 3 представлено специализированное судно для перевозки КТГ – несамоходная баржа-площадка «Волго-Дон макс» класса первого ограниченного района плавания проекта RDB15 (см. рисунок 5). Фактически судно предназначено для замены изрядно постаревших барж типа «ТМИ».

Концепт имеет утопленные ниже уровня грузовой палубы кнехты и другие элементы якорно-швартовного устройства и балластную систему, позволяющую обеспечить выгрузку КТГ массой до 2000 тонн на берег.

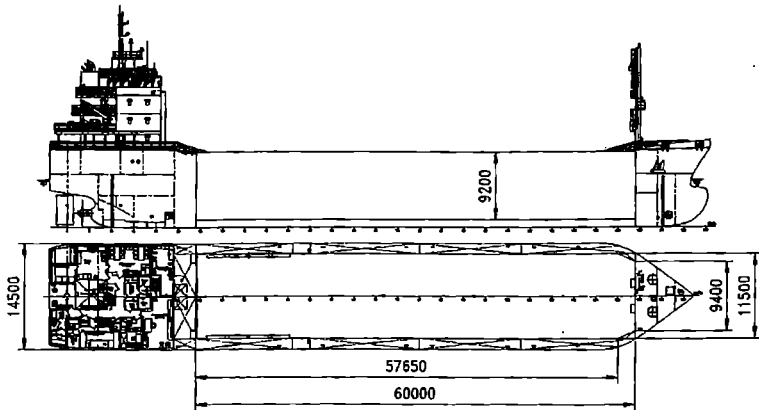


Рис. 4. Трюм сухогрузного судна проекта DCV36

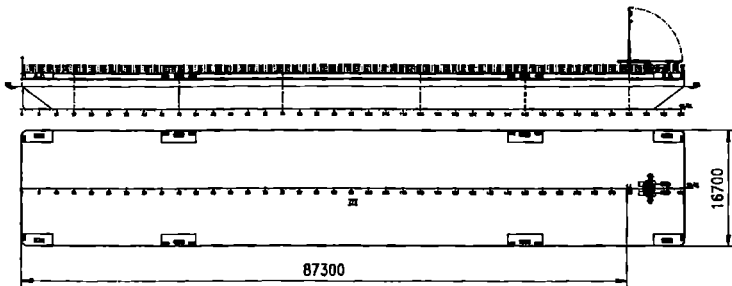


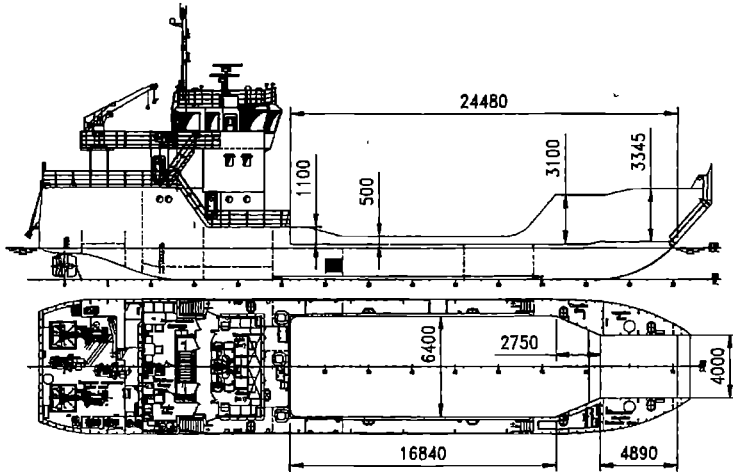
Рис. 5. Общий вид самоходного судна – площадки для перевозки тяжеловесов проекта RDB15

В сочетании с размерами 87,3 x 16,7 м грузового пространства и допускаемой нагрузкой 15 т/м<sup>2</sup> эта баржа с позиций перевозки КТГ заметно превосходит многоцелевые суда.

Концепт имеет утопленные ниже уровня грузовой палубы кнехты и другие элементы якорно-швартовного устройства и балластную систему, позволяющую обеспечить выгрузку КТГ массой до 2000 тонн на берег. В сочетании с размерами 87,3 x 16,7 м грузового пространства и допускаемой нагрузкой 15 т/м<sup>2</sup> эта баржа с позиций перевозки КТГ заметно превосходит многоцелевые суда.

В линейку специально добавлено малое накатное судно снабжения с возможностью высадки на необорудованный берег проекта DCV47 (см. рисунок б).

В этой концепции, кроме перевозки обычных для судов такого типа генеральных грузов и колесной техники, предусмотрены значительно более широкие функциональные возможности, необходимые для снабжения отдаленных населенных пунктов:



*Рис. 6. Общий вид малого накатного судна снабжения проекта DCV47*

- рейдовая разгрузка и погрузка судов, заходы в мелководные устья рек во время приливов с возможностью осушки на песчано-гравийном грунте во время отливов. Для этого корпус судна имеет прочную конструкцию в соответствии с требованиями Регистра для безопасного проведения грузовых операций во время осушки, усиленное двойное дно высотой 0,8 м, двойные борта шириной 1,725 м (B/5) и достаточное количество поперечных и продольных переборок, обеспечивающих одноотсечную непотопляемость. При этом работа судовой электростанции обеспечивается за счет охлаждения дизель-генераторов специальной системой забортной воды (переходный режим) и аварийно-стояночным дизель-генератором с воздушным охлаждением;

- доставка грузов на необорудованный берег и обеспечение горизонтальной выгрузки доставленных грузов с помощью носовой аппарели, судовым грузовым краном или береговыми средствами, в том числе автокранами, имеющими возможность подъезда к борту судна во время отлива (леерное ограждение в грузовой зоне выполнено заваливающимся для работы стрелы автокрана на максимальных вылетах);

- перевозка тяжелой колесной (с нагрузкой на ось до 15 т) и гусеничной техники массой до 60 т с возможностью погрузки/выгрузки накатным способом через носовую аппарель с подготовкой береговой опоры (без подготовки с нагрузкой на ось до 10 т и гусеничной техники массой до 30 т).

Суда такого типа широко востребованы для условий работы Дальнего Востока и Сибири. Например, 23 июля 2014 года компания А-Сервис закончила интересный и сложный проект по доставке металлоконструкций в село Манилы для реконструкции аэропортов Камчатского края.

Село Манилы расположено на севере Камчатского края в 1350 км к северо-северо-востоку от Петропавловска-Камчатского в местности отнесенной к районам Крайнего Севера. Село расположено на пологом правом берегу устьевого участка реки Пенжина в 10 км от Пенжинской губы Охотского моря при впадении в Пенжину реки Манилки.

Село не имеет сухопутной связи с внешним миром. Наличие портопункта обеспечивает транспортно-грузовую связь с центром края и со всеми селами района. Это делает Манилы важным транспортно-энергетическим узлом и важным поселением в Пенжинского района.

Краевой целевой программой «Развитие аэропортов местных воздушных линий Камчатского края» предусматривается реконструкция аэропортового комплекса с. Манилы на сумму 157,8 млн. руб. Аэропорт станет базовым в системе обеспечения транспортной подвижности населения Пенжинского района.

Для доставки КТГ были использованы новые суда-площадки проекта DCV47 типа «Сосновка».

Погрузочно-разгрузочные работы осложнялись тем, что суда-площадки были вынуждены ждать отлива, чтобы по осушке можно было бы приступить к их разгрузке. Отлив происходит два раза в сутки и за это время надо успеть разгрузить судно, так как во время прилива ему необходимо выйти в бухту и загрузить на рейде оставшуюся часть груза с более большого морского судна. Отсутствие причалов значительно замедляет скорость обработки судов, что приводит к простоям и увеличивает стоимость выгрузки.

В настоящее время происходит переход к строительству грузовых судов для европейской части ВВП России, обладающих более развитой речной функцией:

- речных сухогрузных судов «устьевого» типа «Волго-Дон макс» класса проекта RSD44 (см. рисунок 7) с пониженным надводным габаритом, позволяющим проходить под мостами на Неве, под ростовским железнодорожным мостом без их разводки, а также по Москве-реке (уже работают 10 судов);

- речных комбинированных судов танкеров-площадок проекта RST54 (см. рисунок 8) на базе «сверхполных» обводов проекта RST27 для перевозки на открытой палубе грузов, не боящихся подмочки (гравий, прокат, «тяжелые» контейнеры, автомобили и т.п.), а также КТГ, в одном направлении и нефтеналивных грузов в обратном направлении (головной сдан, в постройке 10 судов).

- речных комбинированных судов танкеров-площадок проекта RST54 (см. рисунок 8) на базе «сверхполных» обводов проекта RST27 для перевозки на открытой палубе грузов, не боящихся подмочки (гравий, прокат, «тяжелые» контейнеры, автомобили и т.п.), а также КТГ, в одном направлении и нефтеналивных грузов в обратном направлении (головной сдан, в постройке 10 судов).

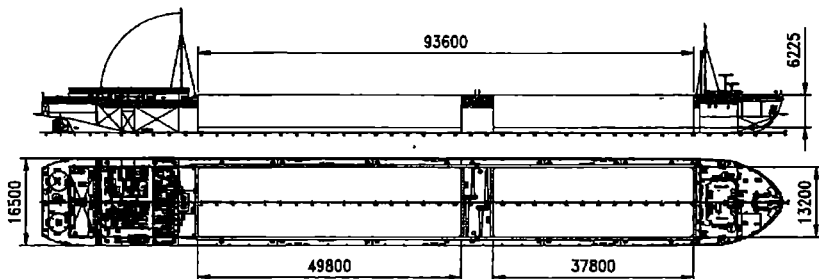


Рис. 7. Общий вид «устьевого» сухогрузного судна с пониженным надводным габаритом проекта RSD44

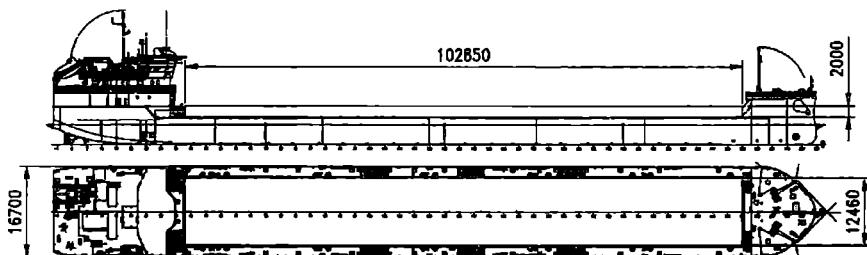


Рис. 8. Общий вид «устьевого» комбинированного судна (танкер-площадка) проекта RST54

Принципиальной особенностью новых концептов является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений. Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике. Наконец, снижение надводного габарита позволяет снизить потери ходового времени в ожидании разводки мостов в Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону и позволить работать по Москве-реке до Южного порта.

В свою очередь применение комбинированных судов проекта RST54:

- обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналив – в одну и КТГ, сухогрузы – в обратную);
- позволяет снизить нагрузку на автодороги за счет перевозки 200-280 легковых автомобилей, которые обычно из района Санкт-Петербурга в центральную Россию везут на грузовиках – автомобилевозах;
- обеспечивает 120 контейнеров с массами до 36 тонн, которые недопустимы для транспортировки автопоездами по условиям макси-



мальной нагрузки на трассах, в том числе до 45 рефрижераторных контейнеров.

Для перевозки сухих грузов на судне проекта RST54 предназначено грузовое пространство на главной палубе, имеющее ограждение высотой 2,0 м. Длина грузовой палубы 103 м, ширина 12,5 м. Настил главной палубы внутри грузовой площадки рассчитан на интенсивность распределенной нагрузки 5,5 т/м<sup>2</sup>. Наибольшая масса сухого груза на палубе, допускаемая по условиям остойчивости, составляет 4700 тонн.

**Заключение.** Перечисленные концепты активно строятся (см. таблицу 5), что позволяет положительно оценить принятые подходы и решения по созданию многоцелевых сухогрузных судов, имеющих возможность перевозки крупногабаритных грузов. В сочетании с несамоходными баржами – площадками они позволяют обеспечить решение практически всех задач, которые ставят наши заказчики по доставке уникального оборудования и техники в различные регионы России и каспийских государств, в том числе и с учетом прохода по внутренним водным путям.

*Таблица 5*

*Строительство по проектам МИБ сухогрузных ССП,  
используемых для перевозки тяжеловесных грузов*

Номер	Проект МИБ	Завод-строитель	Сдано	В постройке	Всего заказано
1	RSD59	Завод Красное Сормово, Невский ССЗ		10	10
2	RSD49	Невский ССЗ, СЗ «Лотос»	10	3	13
3	RSD20, типа «Святой Николай»	Херсонский СЗ	1		1
4	RSD44, типа «Капитан Рузманкин»	Окская судовой верфь (Навашино)	10		10
5	RST54	Окская судовой верфь	7		7
6	005RSD03, типа «Карелия»	Онежский СЗ (Петрозаводск)	12		12
7	003RSD04, типа «Каспиан Экспресс»	Турция, Ceksan Shipyard	6		6
8	003RSD04/ALB02, типа «Гелиус»	Турция, Aksoy Shipyard; Турция, Ceksan Shipyard	3		3
9	003RSD04/ALB03, типа «Модурус»	Турция, Aksoy Shipyard	3		3
10	DCV36, типа «Аметист»	Китай, Qingdao Hyundai Shipbuilding Co. Ltd	10		10
11	DCV33	Онежский СЗ	6		6
12	DCV47	Сосновский СЗ	4		4
<b>Итого</b>			<b>72</b>	<b>13</b>	<b>85</b>

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В., Алекперов Р.А., Тонюк В.И. Семейство многоцелевых сухогрузных судов типа «Каспиан Экспресс» // Судостроение. – 2011. – № 1. – С. 11-17.
2. Егоров Г.В., Ильницький И.А. Использование различных методов расчета крепления грузовых мест при разработке наставлений по креплению // Труды международной конференции «Проблемы прочности и эксплуатационной надежности судов» ПЭНС 99. – Владивосток, 1999. – С. 164-169.
3. Егоров Г.В., Ильницький И.А., Дугужев М.Х. Суда снабжения типа «Сосновка-1» // Судостроение. – 2012. – № 5. – С. 9-14.
4. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Многоцелевые сухогрузные суда класса «Волго-Дон макс» дедвейтом 7150 тонн проекта RSD49 типа «Нева-Лидер» // Судостроение. – 2014. – № 2. – С. 9-17.
5. Козляков В.В., Ламбден С.М. О погрузке тяжеловесов на баржи-площадки в условиях необорудованного причала // Судостроение и судоремонт: Научн.-техн. сб. – Одесса, 1972. – Вып. V. – С. 122-129. (ОИИМФ).
6. Козляков В.В., Кузнецов О.В., Пеклун С.Т. Вопросы обоснования надежности устройств крепления тяжеловесных палубных грузов // Совершенствование судовых устройств и гибких конструкций. – Николаев, 1983. – С. 59-68.
7. КНД 31.1.006-96. Правила морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов.
8. Правила безопасности морской перевозки грузов. Утверждены Приказом Министерства Транспорта РФ, зарегистрированы Министерством Юстиции РФ, вступили в силу 24 ноября 2003 года.
9. РД 31.11.21.24-96. Правила безопасности перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КГТ) Утверждены приказом Росморфлота № 44 от 29 ноября 1996.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2017

### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету  
**А.В. Гришин**

доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського Інженерного Бюро, науковий консультант  
**В.В. Козляков**

УДК 629.5.01

Г.В. Егоров, Н.В. Автутов, Д.В. Черников

**«ЛИНЕЙКА» СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ СУДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*В статье выполнен анализ характеристик существующих судов служебно-вспомогательного и технического флота. Определены их основные функции. Показана философия создания таких судов.*

*С учетом накопленного опыта и опираясь на результаты анализа, предложена линейка служебно-вспомогательных и технических судов нового поколения.*

*Ключевые слова: технический флот, служебно-вспомогательный флот, функциональность, рациональность, эффективность, проект, судостроение, статистика, новое поколение.*

*У статті виконано аналіз характеристик існуючих суден службово-допоміжного й технічного флоту. Визначено їх основні функції. Показана філософія створення таких суден.*

*З урахуванням накопиченого досвіду й опираючись на результати аналізу, запропоновано лінійку службово-допоміжних і технічних суден нового покоління.*

*Ключові слова: технічний флот, службово-допоміжний флот, функціональність, раціональність, ефективність, проект, суднобудування, статистика, нове покоління.*

*In paper the analysis of characteristics of existing vessels of service-and-work and technical fleet is executed. Their main functions are defined. The philosophy of creation of such vessels is shown.*

*Taking into account cumulated experience and relying on results of the analysis, the line-up of new generation service-and-work and technical vessels is offered.*

*Keywords: technical fleet, service-and-work fleet, functionality, rationality, efficiency, project, shipbuilding, statistics, new generation.*

**Постановка проблемы.** Суда, которые обеспечивают эффективную и безопасную работу портов, морских прибрежных зон и водных путей, принципиально необходимы. Не будет их, не будет и нормальной работы морского и речного транспорта. Служебно-вспомогательный и технический флот включает широчайший спектр самых разнообразных типов судов: ледоколы, суда для несения аварийно-спасательной готовности, буксиры, бункеровщики топливом и маслом, водолеи, лоцманские и

рейдовые катера, пожарные суда, суда для сбора нефтесодержащих и хозяйственных вод, нефтемусоросборщики, бонопостановщики, зачистные станции, промерные и обстановочные суда, служебно-разъездные суда, а также плавкраны, плавперегрузатели, баржи, земснаряды и т.п.

Например, в зоне ответственности Администрации морского порта Большой порт СПб находится портовый флот из 320 судов, из них 95 буксиров, 12 ледоколов, 14 лоцманских катеров, 17 бункеровщиков, 10 судов для сбора льяльных и нефтесодержащих вод и т.п.

В морских портах Украины эксплуатируются около 60 буксиров, 23 нефтемусоросборщика и сборщика нефтесодержащих и сточных вод, 1 ледокол, 4 земснаряда, в морских портах России 308 буксиров, 47 нефтемусоросборщиков и сборщиков нефтесодержащих и сточных вод, 31 ледокол, 16 земснарядов.

При этом сам **служебно-вспомогательный и технический флот**, который обеспечивает возрастающий грузооборот морских портов, имеет в своем составе суда, построенные в основном еще при СССР. Парадокс состоит в том, что это все тот же портовый флот, только постаревший и сократившийся в численности.

Кроме того, помимо физического старения, износа конструкций, систем, устройств и машин, суда портового флота, спроектированные в 70-80-е годы прошлого столетия, морально устарели. Это касается практически всех аспектов, начиная с соответствия международным требованиям (МАРПОЛ, конвенции по охране труда), правил классификационных обществ, санитарным нормам, и заканчивая неэкономичными двигателями, корпусами с малыми ледовыми категориями, минимальным уровнем автоматизации, большими экипажами. Кроме того, современные суда, как правило, многофункциональны, т.е. помимо основных задач буксиры обеспечивают противопожарные задачи, лоцмейстерские суда – ЛАРН, промерные функции, доставку лоцманов и грузов и т.п. Другими словами, в XXI веке стали строить меньше «платформ», но делать их более насыщенными, в том числе и с возможности смены функций за счет съемных заменяемых модулей.

Одними причалами и складами работу портов обеспечить не получится, рано или поздно именно недостаток обеспечивающего флота станет «узким» местом в обеспечении внешней торговли страны.

**Целью** статьи является обоснование «линейки» служебно-вспомогательных судов нового поколения и необходимости последовательной реализации принципа многофункциональности при их создании.

**Изложение основного материала.** В соответствии с ФЦП «Развитие транспортной системы (2010-2015 гг.)» предполагалось построить 59 морских служебно-вспомогательных судов, а также около 350 судов речного технического флота. В итоге к концу 2016 года получены от промышленности (см. таблицы 1 и 4) 25 аварийно-спасательных судов для ФБУ «Морспасслужба Росморречфлота», 54 обстановочных судна, 3 танкера-бункеровщика и 2 экологических судна для ФГУ «Речводпуть»,

4 судна снабжения типа «Сосновка» для Камчатки, 5 ледоколов по заказу ФГУП «Росморпорт»

Строятся еще 6 ледоколов по заказу ФГУП «Росморпорт», ФГУП «Атомфлот» и «Газпромнефти», 14 судов для несения аварийно-спасательной готовности. Предполагается дальнейшее строительство спасательных и гидрографических судов, а также обеспечивающего речного флота.

*Таблица 1*

*Фактическое пополнение ледокольного, аварийно-спасательного и экологического флота в XXI веке*

Тип судна	Количество судов, ед.	Верфь
Атомный ледокол мощностью 60 МВт пр. 22220 типа «Арктика»	2 в постройке	Балтийский СЗ (3 в заказе)
Многофункциональный ледокол мощностью 25 МВт пр. 22600 типа «Виктор Черномырдин»	1 в постройке	Балтийский СЗ
Вспомогательный ледокол мощностью 16 МВт пр. 21900 типа «Москва»	2	Балтийский СЗ
Вспомогательный ледокол мощностью 17,4 МВт пр. 21900М типа «Владивосток»	3	Выборгский СЗ
Многофункциональное ледокольное с классом Icebreaker 8 судно обеспечения мощностью 22 МВт пр. IBSV01	2 в постройке	Выборгский СЗ (2 в заказе)
Портовый ледокол мощностью около 10 МВт пр. AARC124	1 в заказе	Выборгский СЗ
Многофункциональное судно-ледокол класса «М-СП» мощностью 3,6 МВт пр. 2805 типа «Невская Застава»	1	СЗ Алмаз
Многофункциональное аварийно-спасательное судно-ледокол мощностью 7,5 МВт пр. Р-70202 типа «Балтика»	1	СЗ «Янтарь»
Многофункциональные аварийно-спасательные суда – ледоколы мощностью 7 МВт пр. MPSV06 типа «Берингов пролив»	2, 1 в постройке	Нордик Ярдс Висмар (Германия), Амурский СЗ
Многофункциональные аварийно-спасательные суда с арктическим ледовым классом мощностью 4 МВт пр. MPSV07 типа «Спасатель Карев»	4 (+1 в постройке)	Невский ССЗ

*Продолжение табл. 1*

Тип судна	Количество судов, ед.	Верфь
Многофункциональные аварийно-спасательные буксиры с арктическим ледовым классом пр. MPSV12	4 в постройке	Невский ССЗ
Морские водолазные суда пр. SDS08 типа «Стольный град Ярославль»	4	Ярославский СЗ
Рейдовые водолазные суда пр. А160	10	Завод Нижегородский теплоход
Спасательные катера-бонепостановщики пр. А40-2Б	6 (+ 5 в заказе)	Судоверфь братьев Нобель, Ярославский СЗ (5 в заказе)
Буксир с противопожарными функциями пр. TG17	1	Окская судоверфь
Водолазные суда класса «О» пр. PB1415M	1	Сосновский СЗ
Водолазные суда класса «О» пр. PBM-376K	1	Петрозаводск
Экологическое судно дедвейтом 941 т пр. SLV800 типа «Титан»	1	Краншип, Керчь
Экологическое судно дедвейтом 503 т пр. 21460 типа «Аргус»	1	Дальневосточный завод «Звезда»
Экологическое судно дедвейтом 207 т пр. RT29 типа «Эколог-1»	2	Сосновский СЗ
Пожарное судно класса «О» пр. 16640 типа «Вьюн»	2	СЗ «Вымпел»
Пожарно-спасательное судно класса «М-СП» пр. 12150M типа «Дмитрий Харченко»	1	СЗ «Вымпел»
Многоцелевое пожарно-спасательное судно класса «О» пр. 04017 типа «Полковник Чернышев»	1	Средне-Невский завод
Судно экологического мониторинга класса «О» пр. 16220NM типа «Экопатруль»	1	Морской завод «Алмаз»
Судно экологического мониторинга класса «Р» пр. ШСР3.008 типа «Московский эколог»	1	Шиморский СЗ
Нефтемусоросборщик класса «Р» пр. 82190 типа «НС-1»	1	Московский ССЗ
Стоечная плавучая противопожарная станция класса «Р» пр. 411.13 типа «Витим»	1	Самусьский ССРЗ

Источник: Морское Инженерное Бюро

Всего в сегменте морских и речных ледоколов, спасательных и экологических судов было построено 38 единиц флота, 15 находятся в разной степени готовности на верфях и 3 – в ближайших планах на постройку.

Опыт применения нового поколения судов для аварийно-спасательной готовности показывает, что такие суда должны быть действительно многофункциональными, так как весьма сложно представить себе, что под каждую задачу можно будет сейчас построить отдельное судно – это и экономически не целесообразно, и вызывает большие сложности с возможностью осуществления самих задач – не факт, что объект с востребованными функциями будет «под рукой».

Поэтому построенные для Морспасслужбы многофункциональные аварийно-спасательные суда (МАСС) могут выполнять следующие функции:

- патрулирование, аварийно-спасательное дежурство в районах интенсивного судоходства, рыбного промысла, морских нефтяных и газовых промыслов;

- поиск, спасение, эвакуация и размещение людей, оказание им медицинской помощи;

- снятие с мели и рифов аварийных судов, откачка воды из затопленных отсеков;

- буксировка аварийных судов и объектов к месту убежищ, а также выполнение морских буксировок судов, плавучих объектов и сооружений во льдах и на чистой воде, оказание помощи судам и выполнение спасательных работ в ледовых условиях и на чистой воде;

- оказание помощи в тушении пожаров на плавучих и береговых объектах, доступных для подхода с моря;

- тыловое и техническое обеспечение, в том числе выполнение подводно-технических работ водолазов на глубинах до 60 метров и более 60 м;

- тушение горящего на воде топлива, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН);

- освидетельствование и очистка подводной части корпуса судов, плавучих и береговых объектов.

Основными факторами, определяющими успешное выполнение всего спектра аварийно-спасательных работ для прибрежных морей России являются: достаточные ледопроездимость, ходкость на чистой воде, мореходность в сочетании с ограниченной осадкой.

Наличие сложного сочетания функций приводит к взаимно противоречивым тенденциям в выборе обводов, главных размерений и других свойств МАСС. Например, при выборе пропульсивного комплекса одновременно необходимо выполнить условия по четырем режимам эксплуатации:

- переход с эксплуатационной скоростью (примерно 70 % от полного хода), характерный для нахождения в заданном районе и для обычных переходов судна;
- режим полного хода при выходе на спасение;
- буксировка плавучих объектов;
- эксплуатация во льдах, в том числе обеспечение ледокольных функций.

С учетом того, что для судов с высокими ледовыми свойствами применение винтов регулируемого шага, как правило, не рекомендуется, понятно, что оптимальное решение этой задачи для всех четырех режимов невозможно. Практический подход состоит в поиске «золотой середины» – компромиссного решения.

Широкий спектр вышеупомянутых требований требует большого внимания и обоснованности в принятии решений, особенно на начальных стадиях. Форма корпуса судов ледового плавания является компромиссом между двумя противоречивыми требованиями – ледопроходимостью и ходкостью на чистой воде. Соответствующий баланс между ними определяется приоритетом миссии судна. Следует иметь в виду, что обычной платой за ледопроходимость являются плохая ходкость и мореходность.

Более широкий спектр работ многофункциональных спасательных судов в сравнении со специализированными ледоколами **принципиально меняет** подход к выбору формы корпуса. Поскольку, кроме выполнения ледокольных операций спасательные суда, прежде всего, должны работать согласно основному назначению, для них не могут быть рекомендованы обводы традиционного ледокольного типа. Наиболее предпочтительным является компромиссный вариант обводов, обеспечивающий требуемый уровень ходовых качеств судна как в ледовых условиях, так и на чистой воде.

Даже относительно небольшие (длина 38 м) морские водолазные суда (МВС) нового поколения обеспечивают выполнение следующие функции: водолазные и подводно-технические работы на глубинах до 100 метров при волнении моря до 3-х баллов; участие в проведении спасательных, судоподъемных и гидротехнических работ в объеме установленных на судне средств; обследования дна акваторий, затонувших объектов, подводной части корпусов судов (кораблей) и гидротехнических сооружений; обеспечения эксплуатации малогабаритных телеуправляемых подводных аппаратов при волнении моря до 4 баллов; обследования дна акваторий, подводных частей корпусов и винто-рулевых устройств кораблей (судов), подводной части гидротехнических сооружений и выполнение подводных работ с помощью водолазов; выполнения подводной сварки на глубинах до 25 метров и резки на глубинах до 100 метров; подъема с глубин до 100 метров обнаруженных предметов массой до 2,0 т; грунторазмыва и удаления грунта; откачки воды с аварийного судна; продувки понтонов; работы с гидравлическим инструментом.



Поэтому новый МВС проекта SDS08 отличается от судов-аналогов:

1. На судне установлено водолазное оборудование, позволяющее выполнять водолазные и подводно-технические работы на глубинах до 100 метров.

2. За счет наличия двух воздушно-пенных лафетных стволов судно имеет возможность тушения пожаров на других судах и плавобъектах.

3. На судне установлена буксирная лебедка, обеспечивающая выполнение функций вспомогательной буксировки.

4. Предусмотрена возможность размещения на судне боновых заграждений и скиммера для обеспечения функции ЛАРН.

5. Характеристики судна и специального оборудования обеспечивают выполнение подводных спасательных операций при волнении до 3-х баллов, при этом подход судна к месту проведения спасательной операции возможен при высоте волн до 7 метров.

6. Для обеспечения требуемых ходовых качеств на судне установлено два высокооборотных главных двигателя мощностью 442 кВт каждый, работающие на винты регулируемого шага, а также – для удержания судна над местом выполнения работ – предусмотрено носовое подруливающее устройство мощностью 120 кВт.

7. Наличие на борту судна современного телеуправляемого подводного аппарата позволяет выполнять обследование дна акваторий, подводных частей корпусов и винто-рулевых устройств кораблей, а также подводной части гидротехнических сооружений.

8. Для работ по подъему затонувших судов, ремонту подводной части кораблей, ремонту гидротехнических сооружений, а также для обеспечения спасательных операций предусмотрено оборудование для подводной сварки на глубинах до 25 метров и подводной резки на глубинах до 100 метров, кроме того, грузоподъемное оборудование судна позволяет поднимать отдельные фрагменты затонувших объектов весом до 2 т с глубины до 100 м.

9. При участии в операциях по снятию судов с мели обеспечивается возможность откачки воды из затопленных отсеков аварийного судна, а также продувка судоподъемных понтонов.

Установка расширенного перечня специализированного оборудования, а также мощная энергетическая установка, позволяют судну нового концепта решать практически любые специализированные задачи, связанные с подводно-техническими работами на глубинах до 100 м.

Помимо основных выше перечисленных функций, новый концепт имеет возможность тушить пожары на других судах с помощью двух воздушно-пенных лафетных стволов производительностью по 180 куб. м в час, выполнять функции буксировщика (устанавливается в корме якорно-швартовно-буксирная лебедка с усилием 7 тонн), откачивать воду из отсеков аварийного судна, участвовать в операциях по борьбе с разливом нефти.

Но уже на дату подготовки ФЦП «Развитие транспортной системы (2010-2015 гг.)» перечисленных выше спасателей и ледоколов было явно не достаточно для решения проблемы замены старого флота по всему спектру потребностей (совершенно не рассматривались танкеры-бункеровщики, очень мало буксиров, лоцманских катеров и др.).

Проведенный в середине-конце первого десятилетия нового века анализ утвержденных ФЦП, программ и планов государственных и крупных частных компаний показал, что сводные «минимальные» потребности могли быть оценены примерно в 6 ледоколов, 40 судов обеспечения аварийно-спасательной готовности, 50 обстановочных судов и для государственных функций в портах, до 80 судов для коммерческой работы в портах (буксиры, бункеровщики, земснаряды), около 350 судов для обеспечения эксплуатации внутренних водных путей.

Понятно, за счет государственного бюджета решить проблему обновления торгового флота невозможно, да и не правильно коммерческие задачи следует решать за коммерческие средства.

Уровень развития судостроения, как и авиационно-космической промышленности, является признаком развития страны, ее научно-технического потенциала, «локомотивом» и «сборочным цехом» экономики, стимулирующим развитие смежных отраслей.

Нельзя сказать, что вообще ничего не делалось в этом направлении со стороны бизнеса (см. статистику сдачи буксиров в таблице 2). Так судостроительный завод «Пелла» построил для различных гражданских заказчиков с 2003 года по настоящее время 43 буксира (27 % от общего числа) типовых проектов 90600, 16609, 90608 с вариацией оборудования. Порты приобрели у ведущего мирового производителя судов специального назначения голландской компании «Дамен» 38 буксиров (24 % всех новых буксиров). Еще 16 судов такого типа построила керченская компания «Краншип». Три этих лидера поставили 97 судов или 61 % от общего объема заказов.

Всего же было получено 159 морских и речных буксиров и толкачей в широком диапазоне мощностей от 3-5 МВт эскортных буксиров до 110 кВт малых буксирных катеров, причем заметная часть этих судов может выполнять ледокольные и спасательные задачи, имеет дополнительные функции по борьбе с пожарами, доставлять на рейд лоцманов и других пассажиров, перевозить некоторые палубные грузы. Настораживает отсутствие планов на дальнейшее строительство судов этого типа.

В рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы» на основании запросов отечественных судовладельцев Морским Инженерным Бюро был проработан параметрический ряд дальних, рейдовых, портовых и устьевых бункеровщиков топливом.

*Фактическое пополнение гражданского флота в XXI веке буксирами*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Буксиры пр. 90600 типа «Флагман» мощностью 2388 кВт	21*	Завод «Пелла»
Буксиры пр. 16609 типа «Русич» мощностью 3000 кВт	18*	Завод «Пелла»
Эскортные буксиры пр. ПЕ-65 типа «Дир» мощностью 3680 кВт	2*	Завод «Пелла»
Буксиры-толкачи пр. 90608 типа «Дионисий» мощностью 1496 кВт	2	Завод «Пелла»
Буксиры пр. Damen Stan Tug 2208 мощностью 4056 кВт	2	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Буксиры пр. Damen Stan Tug 1205 типа «Орфей» мощностью 442 кВт	1	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Буксиры пр. Damen Stan Tug 1405 типа «Дунга» мощностью 447 кВт	1	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Буксиры пр. Damen Stan Tug 1605 мощностью 896 кВт	3	Damen Shipyards
Буксиры пр. Damen Stan Tug 1606 мощностью 894 кВт	1	Damen Shipyards
Буксиры пр. Damen Stan Tug 1907 мощностью 1268 кВт	2	Damen Shipyards
Буксиры пр. Damen Stan Tug 2909 мощностью 3331 кВт	1	Damen Shipyards
Буксиры пр. Damen ASD Tug 3110 мощностью 3628 кВт	2	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Буксиры пр. Damen ASD Tug 2810 мощностью 3680 кВт	8	Damen Shipyards
Буксиры пр. Damen ASD Tug 2509 мощностью 2028 кВт	8	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Буксиры пр. Damen ASD Tug 2310 типа «РН Амур» мощностью 5400 кВт	2	Хабаровский СЗ
Буксиры пр. Damen Pushy Cat 1204 мощностью 246 кВт	7	Damen Shipyards
Буксиры пр. RAmparts 2800 типа «Капитан Авдюков» мощностью 3680 кВт	2	Sanmar Denizcilik (Турция)
Буксиры пр. RA ASD 24/40 типа «Капитан Реутов» мощностью 2460 кВт	1	Sanmar Denizcilik (Турция)
Буксиры пр. G-06 типа «Бриз-Юг» мощностью 2760 кВт	1	Черноморский СЗ (Николаев)
Буксиры пр. G-07 типа «Атлант» мощностью 482 кВт	1	Черноморский СЗ (Николаев)
Многоцелевые буксиры пр. TundRA3400 типа «Свицер Сахалин» мощностью 4800 кВт	4	Адмиралтейские верфи
Многоцелевые буксиры пр. 21110 типа «Рюрик» мощностью 3900 кВт	2	Выборгский СЗ
Буксиры пр. TUG30 типа «Гепард» мощностью 1934 кВт	1	Краншип (Керчь)

*Продолжение табл. 2*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Буксиры пр. TUG40 типа «Пума» мощностью 2462 кВт	2	Краншип (Керчь)
Многоцелевые буксиры пр. TUG50, TUG55P типа «Панда» мощностью 3000 кВт	2	Краншип (Керчь)
Многоцелевые буксиры типа «Алиот» мощностью 2961 кВт	1	Краншип (Керчь)
Эскортные буксиры пр. TUG60L типа «Пантера» мощностью 3732 кВт	2	Краншип (Керчь)
Эскортные буксиры пр. TUG60LA типа «Ягуар» мощностью 3732 кВт	1	Краншип (Керчь)
Эскортные буксиры типа «Капитан Меркулов» мощностью 3731 кВт	4	Краншип (Керчь)
Эскортные буксиры типа «Темрюк» мощностью 4710 кВт	1	Краншип (Керчь)
Буксиры типа «Феникс-1» мощностью 508 кВт	1	Краншип (Керчь)
Буксиры типа «Портовый 101» мощностью 1970 кВт	1	Краншип (Керчь)
Буксиры пр. 07521 типа «Карский-1» мощностью 1030 кВт	1	Верхнекамский судостроительный комплекс
Буксиры пр. TG04, TG04M* мощностью 442 кВт	4	Завод Нижегородский теплоход
Буксиры-толкачи класса «М» пр. 81 мощностью 1492 кВт	6	Средне-Невский завод
Буксиры-толкачи пр. 37 типа «Гектор» мощностью 1840 кВт	3	Костромской СЗ
Буксиры-толкачи пр. ST 376T мощностью 109 кВт	2	Сосновский СЗ
Буксиры пр. 81173НМ, 81173НМ.2 типа «Поморье» мощностью 600 кВт	2	Лимендский ССРЗ
Буксир пр. 503МА класса «М-СП» типа «Гранит» мощностью 852 кВт	2	Лайский СРЗ, Архангельск
Буксир пр. ЛД31 класса «М-СП» типа «Маринеско» мощностью 774 кВт	1	Лайский СРЗ, Архангельск
Буксир пр. ЛД27 класса «М-СП» типа «Шельф» мощностью 516 кВт	1	Лайский СРЗ, Архангельск
Буксир пр. ЛД17 класса «О» типа «Канин» мощностью 221 кВт	2	Лайский СРЗ, Архангельск
Буксир пр. P4741 класса «О» типа «Дельта» мощностью 220 кВт	1	Ростов-на-Дону
Буксиры-толкачи класса «М» пр. 26ПК типа «Коломенский-1501» мощностью 1500 кВт	1	Судоверфь ОАО «Порт Коломна»
Буксиры-толкачи класса «М» пр. P103/03ПК типа «Владимир Барсуков» мощностью 496 кВт	1	Судоверфь ОАО «Порт Коломна»
Буксиры-толкачи класса «О» пр. JSL604 типа «Манчжур» мощностью 510 кВт	4	Цзямусы, Китай
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. JSL603 мощностью 149 кВт	1	Цзямусы, Китай

*Продолжение табл. 2*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. JSL602 типа «Хабар» мощностью 149 кВт	1	Цзямусы, Китай
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. НВС622А мощностью 474 кВт	2	Харбин, Китай
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. 311 мощностью 258 кВт	1	Харбин, Китай
Буксиры-толкачи класса «О» пр. Р45/150 типа «Утес» мощностью 441 кВт	1	Красноярский СЗ
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. 81356 типа «Тюменьтрансгаз» мощностью 220 кВт	2	Красноярский СЗ
Буксиры-толкачи класса «Р» пр. НВС 622А мощностью 237 кВт	1	ООО «Судоремонт Сумкин»
Буксир-толкач класса «Р» пр. 81170 типа БТП-600 мощностью 544 кВт	1	Иркутская РЭБ
Буксир класса «Р» пр. 378 типа «65 лет Победы» мощностью 220 кВт	1	Омский ССРЗ
Буксир класса «Р» пр. 090.01 типа «Тюменец» мощностью 220 кВт	1	Осетровская верфь
Буксир класса «О» пр. ТСК.395 типа «Н. Верещагин» мощностью 600 кВт	1	Тюменьсудокомплект
Буксир-толкач класса «О» пр. ТСК.400	2	Тюменьсудокомплект
Буксир-толкач класса «О» пр. ТСК.215/911В мощностью 320 кВт	1	Тюменьсудокомплект
Буксир-толкач класса «Р» пр. ТСК.300 типа «Северный Урал» мощностью 110 кВт	1	Тюменьсудокомплект
Буксир класса «О» пр. 14701 типа БКТ мощностью 220 кВт	1	СЗ «Вымпел»
Буксирно-разъездной катер класса «Р» пр. ТСК.500/2566 мощностью 110 кВт	2	Тюменьсудокомплект
Примечание: * – для гражданских заказчиков		

Общая потребность в судах для заправки топлива оценивалась примерно в 100 единиц. Среди них:

- танкеры-снабженцы дедвейтом 5-6 тыс. тонн с хорошим мореходными качествами и высокой ледовой категорией для работы в отдаленных зонах со сложными погодными условиями – до 5 %;

- рейдовые бункеровщики дедвейтом около 3 тыс. тонн с классом, мореходностью и ледовой категорией, достаточной для работы на дальних рейдах и при необходимости в каботаже между портами одного региона – 30-35 %;

- портовые бункеровщики дедвейтом около 2,0 тыс. тонн с упрощенными обводами, уменьшенным составом экипажа – 30-35 %;

- «устьевые» мелкосидящие бункеровщики дедвейтом около 800 тонн для работы в устьевых и речных портах – 25-35 %.

Исследования современных зарубежных прототипов позволяют отметить следующие тенденции развития бункеровщиков:

- обеспечение многофункциональности судна, т.е. приспособленность к линейным перевозкам;
- установка оборудования ЛАРН (в основном для рейдовых бункеровщиков);
- снижение строительной стоимости за счет максимального упрощения формы корпуса (для портовых бункеровщиков);
- ограничение осадки и надводного габарита (для бункеровщиков в устьевых портах).

Фактически, как видно из таблицы 3, за 15 лет было получено 17 новых танкеров-бункеровщиков и еще 2 находятся на разной степени готовности на верфях. Там же в таблице приведены данные по строительству новых сухогрузных судов-снабженцев (их было построено 7 единиц, в том числе 4 широко известные «Сосновки» проекта DCV47), которые также могут быть отнесены к судам вспомогательного флота, так как они используются, в том числе, для разгрузки морских судов на рейдах портопунктов с малыми глубинами и с отсутствием причалов.

*Таблица 3*

*Фактическое пополнение флота в XXI веке самоходными грузовыми судами-бункеровщиками и судами снабжения*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Танкер-бункеровщик пр. RST05 типа «Нарва» дедвейтом 3955 / 2868 тонн	2	Судоверфь «Дон-Кассенс», Аксай (2), Херсонский СЗ
Танкер-бункеровщик пр. 001RST02 типа «Экомаринер-1» дедвейтом 1130 тонн	1	Астраханская судоверфь
Танкер-бункеровщик класса «О» пр. RT18 типа «Рассвет» дедвейтом 517 тонн	3	Ярославский СЗ
Танкер-бункеровщик типа «РН Магеллан» дедвейтом 4622 тонны	3	Seksan Shipyards (Турция)
Танкер-бункеровщик с нефтесборным оборудованием пр. 92800 дедвейтом 450 тонн	1	Окская судоверфь
Танкер-бункеровщик класса «О» пр. 00213 типа «Владимир Матвеев» дедвейтом 1200 тонн	1	Красноярская судостроительная верфь
Танкер пр. 00211 типа «Сахалин» дедвейтом 3100 тонн	2 в постройке	Находкинский СРЗ
Танкер класса «О» пр. 14891 типа «ЮГРА» дедвейтом 821 тонна	1	Ярославский СЗ
Танкер-бункеровщик-судно комплексного обслуживания класса «О-ПР» пр. ПК698СКО типа «Экосервис» дедвейтом 178 тонн	5	СРЗ «Красная Кузница», Архангельск
Суда снабжения пр. DCV47	4	Сосновский СЗ
Сухогрузное судно-площадка класса «Р» пр. МНП/1-36.07 типа «Мурена» дедвейтом 94 тонны	1	Красноярский СЗ
Сухогрузное судно класса «Р» пр. JSL406 типа «Транс-Амур» дедвейтом 565 тонн	2	Цзямусы, Китай

Источник: Морское Инженерное Бюро

Ярчайшим примером выполнения различных задач на базе единой платформы является проект «Пеллы» – многофункциональное судно комплексного портового обслуживания проекта СКПО-1000, которое предназначено для:

- бункеровки судов различными видами топлива;
- сбора нефтесодержащих, сточных, льяльных вод с судов и плавучих объектов;
- сбора с судов твердого мусора и пищевых отходов;
- перевозки и постановки буев;
- обслуживания плавучих средств навигационного ограждения;
- ликвидации аварийных разливов нефти;
- перевозки палубных сухих грузов.

К сожалению, пока нет ни одного гражданского заказчика, который бы заказал такое судно для себя.

В XXI веке было построено (см. таблицу 4) 75 обстановочных судов, 8 земснарядов, 5 плавкранов, 15 разъездных судов, плавпричалы, более 160 катеров, из них 15 лоцманские, лоцмейстерские и рабочие для ФГУП «Росморпорт».

Анализ задач портового флота позволяет сказать, что и здесь требуется некая универсальная платформа, которая предназначается для выполнения следующего комплекса работ:

- контроль состояния судового хода на внутренних водных путях и акваториях портов;
- контроль состояния навигационного ограждения судового хода, контроль горения огней на знаках освещаемой обстановки;
- изучение руслового и гидрологического режимов с целью выявления источников и причин заносимости землечерпательных прорезей;
- обслуживание знаков судоходной обстановки;
- промерные и тральные работы на судовом ходу;
- расстановка и снятие знаков, а также их перемещение при изменении границ судового хода;
- обслуживание знаков судоходной обстановки и ремонт светосигнальной аппаратуры;
- перевозка пассажиров в количестве не более 4-12 человек;
- перевозка генеральных/навалочных грузов с погрузкой-выгрузкой портовыми средствами или судовым краном;
- рейдовая разгрузка судов, доставка этих грузов на берег и обеспечение горизонтальной выгрузки доставленных грузов;
- ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (>60°C), в том числе непосредственный сбор нефти с поверхности воды, а также установка боновых заграждений;
- выполнение буксировочных операций (при помощи кормовой якорно-швартовно-буксирной лебедки);

- обследование морского дна, поиск затонувших предметов, в том числе якорей буев при помощи гидролокатора бокового обзора и гидрографического эхолота;
- патрулирование и экологический мониторинг поверхности воды;
- постановка боновых ограждений при бункеровке судов;
- постановка боновых ограждений при участии в операциях по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов;
- сбор с судов различных эксплуатационных и бытовых отходов, нефтеводяных смесей, фекальных и сточных вод;
- повседневное поддержание чистоты закрепленных акваторий;
- осуществление поиска судов и плавучих объектов, терпящих бедствие;
- осуществление поиска пострадавших на поверхности воды;
- охрана рыбных ресурсов.

*Таблица 4*

*Фактическое пополнение флота в XXI веке судами для обеспечения  
 путевых условий и другими вспомогательными судами и катерами*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Многофункциональные лоцмейстерские суда класса R2-RSN пр. BLV01 типа «Дмитрий Сироткин»	1	Завод Нижегородский теплоход
Многофункциональные лоцмейстерские суда класса R2 пр. BLV04 типа «Виктор Кусков»	3 в постройке	Сосновский СЗ
Многофункциональные обстановочные суда класса «М-СП» пр. BLV02 типа «Ладожский»	2	Завод Нижегородский теплоход
Лоцмейстерское судно пр. Damen Shoalbuster 2709 типа «Ирбис»	1	Damen Shipyards
Обстановочные суда класса «М-СП» пр. 16903 типа «Анатолий Жилинский»	1	СЗ «Красная Кузница», Архангельск
Обстановочные суда класса «М» пр. 82420 типа «Первал»	1	Жигаловская судовой верфь
Обстановочные суда класса «О» пр. SV2407	6	Ярославский СЗ
Обстановочные суда класса «О-ПР» пр. 3052	7	Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ, Благовещенский ССЗ
Обстановочные суда класса «О» пр. P-121	5	Жигаловская судовой верфь
Обстановочные суда класса «О» пр. 81810	1	Жигаловская судовой верфь
Обстановочные суда класса «О» пр. 11005/МО типа «Лев Третьяков»	1	СРЗ «Слип», Астрахань
Обстановочные суда класса «Р» пр. 3050	27	Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ
Обстановочные суда класса «Р» пр. 3050.1	12	Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ
Обстановочные суда класса «Р» пр. 391Б1 типа «Чиж»	5	Каширский СЗ, Колпашевская верфь, Константиновские судоремонтные мастерские



*Продолжение табл. 4*

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Обстановочные суда класса «Р» пр. 81240 типа «Путейский-156»	2	Жигаловская судовой верфь
Обстановочные суда класса «Р» пр. 82140 типа «Беркут»	1	Омский ССРЗ им. 60-летия Октября
Обстановочные суда класса «Р» пр. ТСК.452	1	Тюменьсудокомплект
Обстановочные суда класса «Р» пр. ТСК.450	1	Тюменьсудокомплект
Самоотвозной дноуглубительный земснаряд с землесосным и грейферным оборудованием типа «Иван Черемисинов»	1	Astilleros De Murueta (Испания)
Самоотвозной трюмный земснаряд с объемом трюма 1000 куб. м типа «Соммерс»	3	Завод Красное Сормово
Самоотвозной трюмный земснаряд с объемом трюма 2000 куб. м	1	Damen Shipyards Gorinchem (Нидерланды)
Несамоходный земснаряд «Артемий Волинский» проекта ИНС Beaver 65DDSP	1	Нидерланды
Несамоходный земснаряд «Сухона» проекта ИНС Beaver 5514С	1	Нидерланды
Несамоходный земснаряд «Прибой-601» проекта ИНС Beaver 600	1	Нидерланды
Несамоходный земснаряд «Константин» проекта ИНС Beaver 6518С	1	Нидерланды
Самоходный плавкран грузоподъемностью 30/35 тонн типа «Атлас Дабл»	1	Краншип (Керчь)
Плавкран грузоподъемностью 25/30 тонн типа «Атлас»	3	Краншип (Керчь)
Плавкран дноочистительный (карчекран) грузоподъемностью 25 тонн класса «Р» пр. ТСК.240	1	Тюменьсудокомплект
Разъездное судно класса «М» пр. 82480 типа «Одиссей»	4	Жигаловская верфь ( ерхнее-Ленский район водных путей)
Разъездное судно класса «М» пр. 82760 типа «Иркут»	1	Иркутск
Разъездное судно класса «О» пр. РМ-376 типа «Алтай»	2	Сосновский СЗ
Разъездное судно класса «О-ПР» пр. Н24/А типа «Аэлита»	2	Рыбинская верфь
Разъездное судно класса «О» пр. ST24M2 типа «Забава»	1	Ярославский СЗ
Разъездное судно класса «О» пр. 811СУ56 типа «Ривьера»	1	ООО «Корпусник», Ростов-на-Дону
Разъездное судно класса «М-СП» пр. РV07 типа «Кавказ»	1	Турция
Разъездное судно класса «М-ПР» пр. РV02 типа «Нева»	1	Невский ССЗ
Разъездное судно класса «Р» пр. РV05 типа «Барс»	1	Борремфлот
Разъездное судно пр. 1411 типа «Ориент»	1	СРЗ «Красный моряк», Ростов-на-Дону

Продолжение табл. 4

Тип судна	Кол-во судов, ед.	Верфь
Вертолетная площадка класса «Р» пр. RHP01	1	Невский ССЗ
Плавпричал пр. SB02	1	Завод Нижегородский теплоход
Катера различного назначения		
Многоцелевые катера пр. МРВ-14	6	Московский ССЗ
Разъездной катер пр. РТ14МТ	1	Московский ССЗ
Рабочие катера с гидрографическим оборудованием типа «Наутилус 800»	3	Скоростные катера (Санкт-Петербург)
Лоцманский катер пр. Boomeranger RIB C-3500	2	Финляндия
Лоцмейстерский катер пр. P1760	2	Завод «Пелла», ОАО «Центр судостроения «Звездочка»
Лоцманский катер пр. P1 22	1	Завод «Пелла»
Лоцмейстерский катер пр. 2780М	2 в постройке	Онежский СЗ
Лоцмейстерский катер пр. 02781	1 в постройке	Гранд (Санкт-Петербург)
Рабочий катер пр. ST23WI	6 в постройке	Онежский СЗ
Рабочий катер пр. WB22MT-1	1 в постройке	Ярославский СЗ
Мотозавозня класса «Р» пр. ТСК.425	1	Тюменьсудокомплект
Многофункциональные катера пр. 13М, 14М, 15М	26	Озерная верфь
Разъездные катера класса «Р» пр. 82790, 82791	18	Интер Яхт Сервис, Санкт-Петербург
Разъездные, многофункциональные катера класса «Р» пр. КС-110 в различных модификациях	Более 100	Костромской судомеханический завод

Источник: Морское Инженерное Бюро

С учетом перечисленных выше подходов о совмещении функций в рамках единых платформ Морское Инженерное Бюро разработало (по состоянию на сентябрь 2015 года) 30 проектов многофункциональных служебно-вспомогательных судов (см. характеристики в таблице 5 и боковые виды в таблице 6) самого различного основного назначения и классов, в том числе:

- аварийно-спасательные суда, суда обеспечения буровых, буксиры-снабженцы, буксиры;
- лоцмейстерские, обстановочные, гидрографические и промерные суда;
- бункеровщики и суда – сборщики сточных и льяльных вод [7];
- сухогрузные суда снабжения и для рейдовой погрузки-выгрузки [5].

В первой группе присутствуют суда (всего тринадцать проектов) мощностью на валах от 0,4 до 7 МВт, длиной от 19,8 до 86,0 м.

Таблица 5

*Главные характеристики многофункциональных судов вспомогательного флота  
проектов Морского Инженерного Бюро*

Проект	Мощность, МВт	Вид сбоку (см. табл. 6)	Длина габарит- ная, м	Длина по КВЛ, м	Ширина габарит- ная, м	Шир- рина, м	Высота борта, м	Осадка по КВЛ, м	Рабочие осадки, м	Скорость хода, уз.	Скорость хода, уз.	Скорость эконом хода, уз.	Авто- ном- ность, сутки	Класс Регистра
TG03	0,884	30	19,80	18,0	7,50	7,40	4,40	3,0			10,0		6	KM ⚓ Ice2 R3 Tug
TG04	0,442	29	20,45	18,50	6,56	6,00	2,40	1,80			10,0		5	⚓ O 2,0 (лед 30)
TG04M	0,442	28	21,35	19,30	6,61	6,00	2,40	1,80			10,0		4	⚓ O 2,0 (лед 30) A
TG05	1,6	25	30,72	26,80	11,55	10,60	4,40	2,30	2,30-2,90		10,0	7,5	10	KM ⚓ Ice2 R1 AUT3-C FF3WS Tug
MPSV06	7	4	86,0	77,47	19,10	18,00	8,50	6,00	5,5-6,4		15,0	11	30	KM ⚓ Icebreaker 2 AUT1-ICS OMBO FF2WS DYNPOS-2 EPP
MPSV07	4	12	73,0	69,03	16,60	15,50	6,70	4,5	4,3-5,1		15,0	10	20	KM ⚓ Arc5 1 AUT1- ICS OMBO FF3WS DYNPOS-2 EPP Salvage ship
SDS08	0,88	21	38,64	36,47	7,90	7,70	3,20	2,30			11,0	8	5	KM ⚓ Ice2 R2 AUT3-C OMBO SDS>60
MPSV09	2	14	55,20	51,60	13,30	12,70	6,25	4,50	4,1-5,0		12,5 (при осадке 4,15 м)	10	30	KM ⚓ Ice1 AUT1-ICS OMBO FF2WS DYNPOS- 2 EPP
TSV10	5,44	7	79,85	73,39	17,36	16,80	6,70	4,50	4,20-4,50		14,0	10	15	KM ⚓ Arc4 AUT1-ICS FF3WS DYNPOS-2 Supply vessel

Продолжение табл. 5

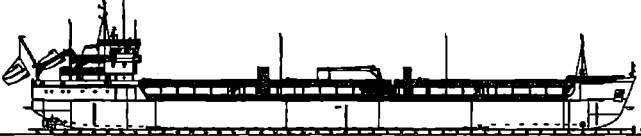


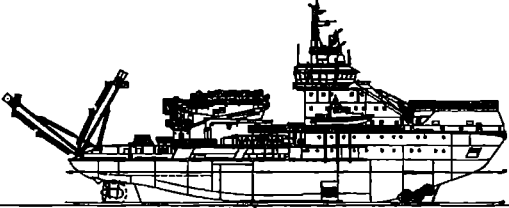
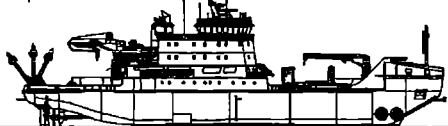
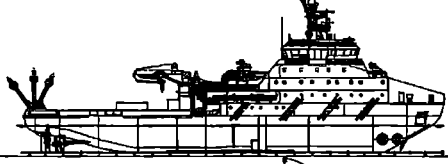
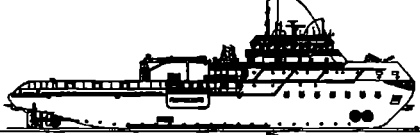

Проект	Мощность, МВт	Вид сбоку (см. табл. 6)	Длина габаритная, м	Длина по КВЛ, м	Ширина габаритная, м	Ширина, м	Высота борта, м	Осадка по КВЛ, м	Рабочие осадки, м	Скорость хода, уз.	Скорость эконом. хода, уз.	Автономность, сутки	Класс Регистра
MPSV11	6,12	8	79,85	73,39	17,36	16,80	6,70	4,50	4,20-4,50	14,0	10	30	KM Arc5 A UT1-ICS FF3WS DYNPOS-2 Supply vessel
MPSV12	5,2	9	79,85	73,39	17,40	16,80	6,70	3,20	3,20-4,50	14,0 (при осадке 3,2 м)	10	30	KM Arc 5 A UT2 FF2WS DYNPOS-2 Salvage ship
TG16	4,0	23	33,13	27,20	13,20	12,60	5,60	4,40		13,1	10	10	KM Arc4 R1 A UT1-ICS OMBO FF3WS Escort Tug Oil recovery (>60°C) Salvage ship
TG17	1,194	24	31,73	29,24	9,70	9,10	4,10	3,10		10,0	7,5	10	KM Arc 4 R1 A UT3-C FF3WS Tug
Лодмейстерские, обстановочные, гидрографические и промысловые суда													
BLY01	0,81	17	43,09	35,89	10,20	9,20	3,30	2,50		10,0	8	7	KM Ice3 R2-RSN A UT3-C
BLY02	1,176	16	46,86	40,49	10,48	9,70	3,50	2,00	2,00-2,50	11,8	10	15	M-CTI 3.5 (лед 40) A
BLY03	1,79	22	35,00	30,66	10,60	9,70	3,50	2,50	2,50-2,68	12,0	11	15	KM Ice3 R1 A UT3-C
BLY04	1,79	26	30,05	28,86	9,70	9,10	4,10	2,90		9,5		5	KM Ice 2 R2 A UT3-C
HSV05.01	8	5	83,0	76,72	17,20	16,60	6,70	5,10		12,0-14,0	8-10	45 / 90	KM Arc7 A UT1-ICS OMBO Special purpose ship
HSV05.02	6,2	6	83,0	75,93	17,20	16,60	7,20	5,30		12,0-14,0	8-10	45 / 90	KM Arc7 A UT1-ICS OMBO EPP Special purpose ship

Продолжение табл. 5

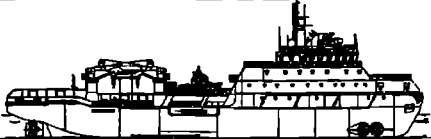

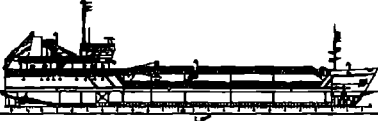
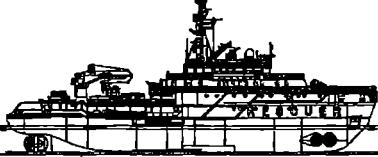

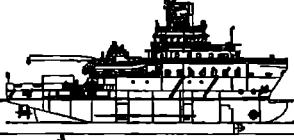

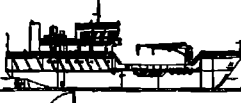





Проект	Мощность, МВт	Вид сбоку (см. табл. 6)	Длина габаритная, м	Длина по КВЛ, м	Ширина габаритная, м	Ширина, м	Высота м борта, м	Осадка по КВЛ, м	Рабочие осадки, м	Скорость хода, уз.	Скорость эконома хода, уз.	Автономность, сутки	Класс Регистра
HSV06E	0,91	20	40,15	38,04	10,50	10,00	2,50	1,40		11,5	8	10	О 2,0 (лед 20) А
001RST02	0,442	11	73,50	69,93	10,60	10,00	3,70	2,91	2,00-2,91	9,0	7	10	КМ ★ R3-RSN oil carrier (>60°C) (ESP)
RST05	1,13	1	118,87	115,26	13,24	13,00	5,80	3,60	3,60-4,30	10,0	9	12	КМ CRUDE OIL TANKER ESP II E
RST09	0,92	2	89,67	81,40	12,20	12,00	5,80	3,60	3,60-4,00	10,0	9	10	КМ ★ ЛУ1 ИСП нефтеналивное (>60°C) (ОПИ)
RST14	1,03	3	89,12	83,60	12,20	12,00	6,00	3,60	3,60-4,22	10,0	9	10	КМ ★ ЛУ1 ИСП нефтеналивное (>60°C) (ОПИ)
RT18	0,442	13	61,29	59,60	10,42	10,00	2,60	2,00		9,0	7	15	О 2,0 (лед 30) А
RT29	0,416	18	43,00	41,98	7,92	7,50	2,10	1,65		9,88	8	7	О 2,0 (лед 20) А
Сухогрузные суда снабжения и для рейдовой погрузки-выгрузки													
DCV47	0,522	19	42,60	38,40	8,82	8,60	2,70	2,00	2,00-2,175	9,0		15	КМ Ice2 R1 AUT3 OMBO
DCV50	0,368	27	21,75	18,35	5,90	5,40	1,70	1,15		9,5		1	КМ R3 AUT3
DCV52	1,294	10	75,00	71,47	16,50	16,00	4,00	3,24	3,24-3,664	10,0	7,5	10	КМ ★ L4 R2
DCV61	0,894	15	50,70	46,00	9,02	8,80	3,30	2,50		11,0	9	20	КМ Ice3 R2 AUT3

Таблиця 6

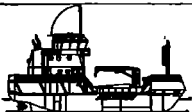





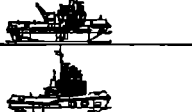
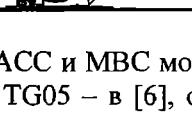
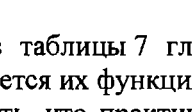
*Схемы боковых видов параметрического ряда судов  
вспомогательного флота проектов Морского Инженерного Бюро*

Номер	Проект	Вид сбоку
1	2	3
1.	RST05	
2.	RST09	
3.	RST14	
4.	MPSV06	
5.	HSV05.01	
6.	HSV05.02	
7.	TSV10	
8.	MPSV11	

Продолжение табл. 6

9.	MPSV12	
10.	DCV52	
11.	001RST 02	
12.	MPSV07	
13.	RT18	
14.	MPSV09	
15.	DCV61	
16.	BLV02	
17.	BLV01	
18.	RT29	
19.	DCV47	
20.	HSV06E	
21.	SDS08	

Продолжение табл. 6

1	2	3
22.	BLV03	
23.	TG16	
24.	TG17	
25.	TG05	
26.	BLV04	
27.	DCV50	
28.	TG04M	
29.	TG04	
30.	TG03	

Подробнее о МАСС и МВС можно ознакомиться в [1], о буксире-снабженце для Каспия TG05 – в [6], о мелкосидящем буксире TG04 – в [2].

Как следует из таблицы 7 главным объединяющим признаком судов этой группы является их функция буксировки плавобъектов.

Следует отметить, что практически все эти суда имеют возможность работать при осадках 4,5 м и менее, что принципиально важно для значительной части морских акваторий, прилегающих к России. Все суда имеют ледовые усиления, шесть – арктическую ледовую категорию, один – ледокольный класс (MPSV06).

Десять могут тушить пожары на других судах и на береговых объектах, причем девять – с возможностью создания водяных завес.



Таблица 7

Функции аварийно-спасательных судов, судов обеспечения буровых, буксиров-снабженцев, буксиров

Функция	TG03	TG04	TG04M	TG05	MPSV06	MPSV07	SDS08	MPSV09	TSV10	MPSV11	MPSV12	TG16	TG17
Тяговое усилие на галсе, кН	160	71	71	235	980	735	115	490	588	588	588	640	196
Осадки рабочие, м	3,0	1,8	1,8	2,9	5,5-6,4	4,3-5,1	2,3	4,1-5,0	3,8-4,5	3,8-4,5	3,2-4,5	4,4	3,1
Ледовая категория	Ice2	Лед 30	Лед 30	Ice2	Ice-breaker6	Arc5	Ice2	Ice1	Arc4	Arc5	Arc5	Arc4	Arc4
Тушение	-	-	-	FF3WS	FF2WS	FF3WS	+	FF2WS	FF3WS	FF3WS	FF2WS	FF3WS	FF3WS
Динамическое позиционирование	-	-	-	-	DP2	DP2	-	DP2	DP2	DP2	DP2	-	-
Водолазные работы	-	-	-	-	SDS≥60	SDS≥60	SDS=100	SDS<60	SDS<60	SDS<60	SDS<60	-	-
ЛАРН	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Краны	-	-	-	1×27,5 т	2×32 т, кормовая п-образная рама т/л 80 т	2×20 т, 1×0,32-0,98 т	1×3 т	1×20 т	1×12 т, 1×0,32-0,98 т	1×12 т, 1×0,32-0,98 т	1×24 т, 1×0,32-0,98 т	1×10 т, 1×1,5 т	1×5 т

Продолжение табл. 7

Функция	TG03	TG04	TG04 M	TG05	MPSV06	MPSV07	SDS08	MPSV09	TSV10	MPSV11	MPSV12	TG16	TG17
Спасение на воде	-	-	-	-	4 плотах 150 чел., 2 МЭС «Zodiak», 4 сети для подъема	4 плотах 51 чел., 2 плотах 101 чел., 2 МЭС «Viking», сеть для подъема	2 плота х16 чел.	6 плотов х 12 чел., 3 сети, спасательная корзина	4 плота х20 чел., сети	10 плотов х 51 чел., сети	4 плотах 51 чел., 2 МЭС х 101 чел., сети	4 плотах 10 чел.	-
Откачка воды	-	-	-	-	1700 м <sup>3</sup> /ч	1200 м <sup>3</sup> /ч	300 м <sup>3</sup> /ч	1700 м <sup>3</sup> /ч	1400 м <sup>3</sup> /ч	1400 м <sup>3</sup> /ч	1400 м <sup>3</sup> /ч	-	-
Район плавания	R3	O 2,0	O 2,0	R1	неогр.	неогр.	R2	неогр.	неогр.	неогр.	неогр.	R1	R1
Вертолет	-	-	-	-	Посадка	Зависание	Зависание	Зависание	Зависание	Зависание	Зависание	-	-
Нотация	Tug	Tug	Tug	Tug	Salvage ship	Salvage ship	-	Salvage ship	Supply vessel	Supply vessel	Salvage ship	Salvage ship Escort Tug Oil recovery	Tug
Автономность, сут.	6	3,3	4,3	10	30	30	5	30	15	20	20	10	10
Мощность, кВт	2х442	2х221	2х221	2х800	2х3500	2х2060	2х442	6х535	2х2720	2х3060	2х2600	2х2000	2х597
Скорость, узлы	10,0	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	11,4	12,5	12,0	14,0	14,0	13,1	10,0

Оборудование пяти обеспечивает судам динамическое позиционирование судна с резервированием подсистем, обеспечивающих удержание судна на точке позиционирования при выходе из строя любого активного элемента системы – принципиально важно для работы с водолазами, подводными аппаратами и для тушения пожара.

Семь проектов имеют водолазное оборудование, десять – краны грузоподъемностью от 3 до 80 тонн, семь – средства для откачки воды с других плавобъектов.

Суда десяти проектов решают задачи по борьбе с разливами нефти, например, проект MPSV07 оборудован бортовой нефтесборной системой, позволяющей оперативно развернуть заграждение при любом состоянии моря и начать выполнение судном операций по ликвидации аварийных разливов нефти, скиммером щеточного типа, двумя комплектами бонового заграждения длиной 250 м каждый (тяжелый и легкий), а также двумя катерами-бонопостановщиками. При сборе разлитой нефти судно может принять на борт 670 куб. м смеси нефти и забортной воды. Для откачки воды и нефтесодержащих смесей из отсеков аварийного судна предусматриваются водоотливные средства суммарной производительностью около 1200 м<sup>3</sup>/ч.

Восемь судов оснащены средствами для спасения людей на воде. Например, на судне проекта MPSV07 предусмотрено специализированное оборудование, позволяющее осуществлять спасательные операции по подъёму из воды большого количества пострадавших:

две площадки (в носовой и кормовой части судна) для зависания вертолетов для обеспечения экстренной эвакуации пострадавших на берег, для доставки дополнительных бригад медиков при необходимости, а также для приема груза;

- две сети для массового подъема людей из воды на борт судна по 7 м длиной (спуск и подъем осуществляются судовым краном);

- два комплекта плавучих носилок для подъема пострадавших из воды на борт судна, которые не имеют физической возможности самостоятельно подобраться к борту судна;

- два комплекта стропов для подъема человека с палубы судна на вертолет;

- две (по одной с каждого борта) морских эвакуационных системы с минислайдом, обеспечивающие массовый подъем людей из воды и наоборот: эвакуацию людей с самого судна.

Ко второй группе относятся суда для обеспечения путевой обстановки – лоцмейстерские, обстановочные, гидрографические и промерные (всего семь проектов) мощностью на валах от 0,8 до 8 МВт и длиной от 30 до 83 м.

Подробнее о многофункциональных служебно-вспомогательных судах для ФГУП «Росморпорт» и внутренних водных путей – см. в источниках [3; 4].

Следует отметить, что практически все эти суда имеют возможность работать при осадках 3,0 м и менее. Все суда имеют ледовые усиления, два – арктическую ледовую категорию.

Особо интересен проект **HSV06E**. Водные пути уже не представляются без использования электронной картографии. Такие работы в России успешно ведутся с конца 90-х годов. Но реки не были бы рекам, тем более в Сибири, если бы на них не менялась судоходная обстановка. Актуализация данных требует соответствующей регулярной работы, сбора и обработки исходных данных для создания и корректуры электронных навигационных карт с помощью современных промерно-изыскательских спутниковых комплексов, установленных на гидрографических судах.

При этом за последние 27 лет не было построено ни одного речного промерного / промерно-изыскательского судна. На сегодняшний день в эксплуатации находится 36 промерных судов, из них в основном проекта Р-159, средний возраст которых достиг 38 лет.

Так, Обь-Иртышский бассейн обслуживает 1 промерное судно, Ленский бассейн – 4 судна, Енисейский бассейн – 2 судна. Следует отметить, что только одно судно проекта Р-159 имеет класс «О», остальные – «Р», что не позволяет их применять для работы на водохранилищах и больших озерах.

Комплекс путевых работ, обеспечивающих эффективную эксплуатацию грузовых и пассажирских судов на внутренних водных путях, напрямую зависит от количества, состава и работоспособности судов технического флота. Сложившаяся ситуация с техническим флотом требует принятия кардинальных мер с целью восстановления флота как за счет роста количественного состава судов, так и за счёт оснащения новых судов современными техническими средствами, позволяющими увеличить производительность труда.

Эффективное поддержание требуемых глубин на внутренних водных путях, а также обеспечение безопасности судоходства за счёт правильной расстановки навигационных знаков и своевременного изменения границ судоходных участков пути, не представляется возможным без предварительного выполнения промерных и изыскательских работ.

Средний возраст действующих промерных речных судов приближается к 40-ка годам, поэтому задача создания нового универсального гидрографического судна, обеспечивающего как эффективное проведение комплексных изыскательских работ на внутренних водных путях, так и выполнение промерных работ на мелководных участках, является крайне востребованной и актуальной.

По заказу Росморречфлота, Морское Инженерное Бюро создало такой проект HSV06E, который предназначен для выполнения промерных работ, полевых и камеральных изыскательских работ с комфортабельным размещением на борту с автономностью до 20 суток русловой изыскательской партии, использующей современный автоматизированный промерно-изыскательский спутниковый комплекс.

В состав комплекса входят:

- многолучевой эхолот;
- буксируемый гидролокатор бокового обзора;
- приемник ГЛОНАСС, 2-х частотный, с функцией RTK (Инерциальная навигационная система);
- рабочая станция (со специализированным программным обеспечением, с функциями СОЭНКИ и картплоттера).

Выполнение съемочных и промерных работ на мелководных участках осуществляется дополнительным мелкосидящим (осадка ок. 0,5 м) промерным катером (рабочей промерной моторной лодкой типа «Прогресс»), входящим в комплектацию судна.

Проект HSV06E представляет собой мелкосидящее (осадка по КВЛ 1,40 м) стальное однопалубное самоходное двухвинтовое судно класса «О» с носовой рулевой рубкой, с машинным отделением в средней части, с рабочей палубой в кормовой части, с промерным катером и грузовым краном, обеспечивающим спуск промерного катера, а также работу с буйами и якорями.

Основные задачи промерно-изыскательского судна проекта HSV06E:

- базирование изыскательской партии, выполнение промерных, полевых и камеральных работ;
- контроль состояния судового хода на внутренних водных путях и акваториях портов;
- контроль состояния навигационного ограждения судового хода, контроль горения огней на знаках освещаемой обстановки;
- обслуживание знаков судоходной обстановки и ремонт светосигнальной аппаратуры.

Судно имеет дополнительные функциональные возможности:

- толкание несамоходных объектов, включая работу в земкараване в качестве шаландировщика;
- проведение операций по закладке якорей земснаряда;
- перевозка пассажиров (до 7-ти человек);
- буксировка несамоходных объектов, включая нефтеналивные баржи.

Для обеспечения выполнения судном проекта HSV06E своих основных функций предусмотрено соответствующее гидрографическое оборудование:

1. Многолучевой эхолот – высоко интегрированная двухчастотная система, разработанная специально для установки на промерных судах. Система состоит из процессорного блока эхолота с интегрированной мультипортовой картой и стандартного 25 метрового кабеля к приемопередателю.

Основные особенности:

- максимальная ширина полосы обзора до 165 °;

- глубины от 0,5 до 150 м на частоте 400 кГц и от 0,5 до 500 м на частоте 200 кГц;

- от 256 до 512 лучей шириной от 2 до 0,5 градусов.

2. Ультразвуковой двухчастотный гидролокатор бокового обзора с технологией внутриимпульсной линейно-частотной модуляции, что позволяет получать четкую акустическую картину дна, подводных объектов с высоким разрешением и низким уровнем шумов. Позволяет одновременно работать на двух частотах: 100/400 кГц, 300/600 кГц или 300/900 кГц.

3. Инерциальная навигационная система – легкая в использовании, высоконадежная, разработанная для определения крена, курса, качки, скорости и местоположения судна. объединяет данные ГЛОНАСС с данными об угловой скорости и ускорениях, от датчиков динамического перемещения и спутникового компаса для определения надежных и точных данных о пространственной ориентации судна в шести степенях свободы.

Выполнение съемочных и промерных работ на мелководных участках осуществляется дополнительным мелкосидящим промерным катером, расположенном на капе МО в кормовой части судна.

Для работы с катером, а также для обслуживания навигационных плавучих знаков, предусмотрен грузовой гидравлический кран-манипулятор грузоподъемностью 1,4 тонны при вылете стрелы 4,0 м и грузоподъемностью 0,72 тонны при вылете стрелы 7,5 м.

Для толкания шаланд предусмотрены носовые упоры и автоматический сцепной замок.

Для осуществления буксировочных операций на кормовой рабочей палубе установлена автоматическая буксирная лебедка с тяговым усилием около 20 т и автоматическим канатоукладчиком, а также буксирный битенг.

Экипаж судна – 6 человек. Общее количество мест на судне – 13. Комсостав, включая начальника изыскательской партии, размещен в одноместных каютах повышенной комфортности с индивидуальными сануздами, а остальные члены экипажа и спецперсонал – в одноместных каютах с сануздами.

**Заключение.** Идеи о таких многофункциональных судах являются не научной абстракцией, а реальной основой для проектирования и постройки служебного флота нового поколения.

Суда должны быть действительно многофункциональными, так как весьма сложно представить себе, что под каждую задачу можно будет сейчас построить отдельное судно – это и экономически не целесообразно, и вызывает большие сложности с возможностью осуществления самих задач – не факт, что объект с востребованными функциями будет «под рукой».

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В., Хаустов А.В. «Линейка» многофункциональных судов-спасателей гражданского назначения // *Морская биржа*. – 2013. – № 2 (44). – С. 18-29.
2. Егоров Г.В., Кардаш О.А., Автутов Н.В. Мелкосидящий ледокольный буксир для «Норильского Никеля» // *Судостроение*. – 2010. – № 5. – С. 9-14.
3. Егоров Г.В., Штрамбранд В.И. Многофункциональные ледоколы и ледоколы-спасатели нового поколения // *Вестник ОНМУ*. – Одесса: ОНМУ, 2012. – Вып. 34(1). – С. 130-150.
4. Егоров Г.В., Штрамбранд В.И., Автутов Н.В. Многофункциональные служебно-вспомогательные суда для ФГУП «Росморпорт» и внутренних водных путей // *Сб. трудов XI междунар. конф. «Российское судостроение и судоходство, деятельность портов, освоение океана и шельфа «Нева 2011»*. – СПб., 2011. – С. 89-93.
5. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Дугужев М.Х. Суда снабжения типа «Сосновка-1» // *Судостроение*. – 2012. – № 5. – С. 9-14.
6. Егоров Г.В., Тонюк В.И., Калугина Н.Н. Три многофункциональных мелкосидящих буксира-снабженца проекта TG05 для Северного Каспия // *Судостроение*. – 2014. – № 4. – С. 25-29.
7. Захаров И.Е., Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Линейка танкеров для портовой и рейдовой бункеровки // *Морская биржа*. – 2009. – № 4 (30). – С. 16-19.

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2017*

### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету  
**А.В. Гришин**

доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського Інженерного Бюро, науковий консультант **В.В. Козляков**

УДК 629.12:532.059.041

Н.В. Ефремова, А.Е. Нильва

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНЕНИЯ ВОКРУГ УДЛИНЕННЫХ  
ОБЪЕКТОВ, ПЛАВАЮЩИХ БЕЗ ХОДА В МЕЛКОВОДНОЙ АКВАТОРИИ**

*Надано результати розрахунків відносних амплітуд хвилювання у заданих точках навколо нерухомого подовженого об'єкта, який плаває без ходу на рейдовій стоянці та на який набігає під довільним кутом регулярне хвилювання малої амплітуди. Виконано аналіз хвильових полів, що виникають навколо трьох об'єктів судноподібної форми. Наведено приклади хвильових полів та величини відносних амплітуд хвилювання.*

**Ключові слова:** *мелководдя, лінійна теорія хвилювання, дифракційний потенціал, хвильовий профіль.*

*Представлены результаты расчетов относительных амплитуд волнения в заданных точках вокруг неподвижного удлиненного объекта, который плавает без хода на рейдовой стоянке и на который набегает под произвольным углом регулярное волнение малой амплитуды. Выполнен анализ характеристик волновых полей, возникающих вокруг трех объектов судноподобной формы. Приведены примеры волновых полей и величины относительных амплитуд волнения.*

**Ключевые слова:** *мелководье, линейная теория волн, дифракционный потенциал, волновой профіль.*

*Results of definition of relative wave amplitudes in the set points round the motionless extended object are given. Object is floating at the port's roads; small amplitude regular waves run at it under arbitrary angle. Solution of a linear diffraction problem was used in the definition process. Isolines of wave amplitudes are plotted by the set step. Analysis of characteristics of the arising wave fields are worked out for three vessel's type objects. They are as follows: hull of the large-capacity bulk carrier and two horizontal cylinders; lengths and draughts are identical. Transverse section of the cylinders is midship section and fore light-bulbous frame of the initial bulk carrier correspondingly. Examples of wave fields and capacities of relative wave amplitudes are given. It is concluded about necessity of accounting object's hull form for valid definition of hydrodynamic characteristics of a near field.*

**Keywords:** *shallow water, linear wave theory, diffraction potential, wave profile.*

**Введение.** Проблема определения характеристик волнения на открытой рейдовой стоянке тесно связана с безопасностью мореплавания (передача людей и грузов с одного судна на другое) и экологической безопасностью (ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов).



Судно, находящееся на относительно мелководной рейдовой стоянке, служит препятствием волнению, набегающему с моря. Волновое поле вокруг судна – результат суперпозиции набегающего и дифрагированного волнения. Существенная трехмерность волнового поля, нестационарность области, занятой жидкостью и нелинейность граничного условия на свободной поверхности жидкости обуславливают крайнюю сложность оценки взаимодействия судна с таким волнением. Решение такой задачи в общем виде пока не получено. Решение задач для различных объектов требует уточнения и специализации граничных условий.

**Анализ основных достижений и литературы.** Большинство существующих решений дифракционной задачи в последние годы посвящено оценке воздействия волн на стационарные или подвижные шельфовые сооружения (Offshore structures). Эти объекты, как правило, имеют достаточно простую форму – цилиндр или группа цилиндров.

В работе [1], посвященной исследованию взаимодействия океанских волн с устройствами, использующими энергию волн для производства электроэнергии (Oscillating Water Column, OWC) представлено аналитическое решение первого порядка задачи о дифракции волн на пустотелом вертикальном цилиндре в океане конечной глубины. В работе [2] для такого же объекта определено волновое поле, созданное колеблющимся цилиндром и решена комбинированная задача дифракции-излучения.

В работе [3] представлено полное аналитическое решение второго порядка нелинейной дифракционной задачи для двумерных неподвижных прямоугольных цилиндров на свободной поверхности жидкости конечной глубины. Для этих объектов определены величины вертикальных и горизонтальных сил первого и второго порядков, для верификации решения выполнено сравнение с экспериментами и расчетами других авторов.

Решение дифракционной задачи для судноподобного тела посвящена работа [4]. В ней рассмотрена дифракция монохроматических и бихроматических поперечных или косых волн на неподвижном горизонтальном цилиндрическом теле, пересекающем свободную поверхность в жидкости бесконечной глубины. Дифракционный потенциал использован для определения сил, действующих на плавучее нефтехранилище (тело с полуэллиптическими ватерлиниями в носовой части, прямоугольными шпангоутами в средней части и призматической кормой)

В статье [5] методом сращиваемых асимптотических разложений (CAP) получены выражения для потенциала излучения и дифракционного потенциала при продольной качке судна, движущегося на значительном мелководье. Приведены выражения для составляющих дифракционного потенциала при вертикальной качке.

Рассмотрение приведенных результатов исследований показывает, что для тел судноподобной формы дифракционная задача решается при определении волновых нагрузок на глубокой воде либо для определения гидродинамических сил при качке на мелководье.

Анализ волновых полей вокруг судов и тел судоподобной формы в условиях мелководья в периодических изданиях не описаны. Характеристики волнения определяют безопасность и эффективность работы вспомогательных судов в условиях рейдовой стоянки. Поэтому исследование волновых полей вокруг судоподобных объектов, плавающих на мелководье, является актуальной задачей.

#### **Цель исследования, постановка задачи**

Целью работы является анализ характеристик волнового поля, возникающего вокруг удлиненного объекта судоподобной формы, который плавает без хода на рейдовой стоянке и на который набегают косое волнение малой амплитуды.

Учитывая, что в условиях ограниченности глубины рейдовой стоянки появление длинных волн, которые могут вызвать заметную качку крупнотоннажного объекта, маловероятно, последний считается некачающимся. Линейная постановка дифракционной задачи выбрана с учетом трансформации волнения на мелководье (трехмерные волны, приходящие из глубоководных районов, преобразуются в двумерные, крупные волны уменьшаются, мелкие увеличиваются по длине и высоте [6]). Кроме того, в случае умеренного волнения расчеты мореходности судна с применением линейной теории дают вполне приемлемые результаты [7].

С учетом принятых допущений для определения характеристик волнового поля вблизи объекта должны быть решены две последовательные задачи:

- определение потенциала скоростей возмущенного движения жидкости, вызванного дифракцией волнения малой амплитуды, набегающего под произвольным углом на неподвижный объект в условиях мелководья;
- определение в заданных точках вокруг объекта амплитуд волн, вызванных набегающим волнением и его дифракцией на объекте, как на препятствии распространению волн.

**Материалы исследований.** Рассмотрим взаимодействие неподвижного удлиненного объекта длины  $L$ , плавающего на мелководье глубины  $H$  с набегающим под произвольным углом волнением малой амплитуды  $a$ . Обозначим длину волны  $\lambda$ , скорость распространения волны  $C$ . Жидкость идеальная, тяжелая, несжимаемая. Для описания ее потенциального движения используем прямоугольную систему координат  $Oxuz$ . Плоскость  $Oxz$  совпадает с невозмущенной свободной поверхностью жидкости. Ось  $Ox$  направлена вдоль продольной оси объекта,  $Oz$  – вертикально вверх. Положение объекта относительно набегающего волнения определяется курсовым углом  $\beta$  – между осью  $Ox$  и вектором скорости волнения.

Возмущенное движение жидкости описывается потенциалом скоростей  $\Phi^E(x, y, z, t)$ . Область его определения  $E$  ограничена дном водоема  $D$ , смоченной поверхностью объекта  $S$  и свободной поверхностью жидкости  $\Sigma$  (частью плоскости  $z = 0$  вне ватерлинии неподвижного объекта). Представим потенциал  $\Phi^E(x, y, z, t)$  в виде

$$\Phi^E(x, y, z, t) = \Phi^*(x, y, z, t) + \Phi^d(x, y, z, t), \quad (1)$$

где  $\Phi^*(x, y, z, t)$  – потенциал скоростей набегающего волнения;

$\Phi^d(x, y, z, t)$  – дифракционный потенциал.

Потенциал скоростей набегающего волнения записывается в виде [8]

$$\Phi^* = \frac{ag}{\sigma} \frac{Ch[\alpha_0(z-H)]}{Ch(\alpha_0 H)} \cdot \text{Sin}(\alpha_0 x \text{Cos} \beta + \alpha_0 y \text{Sin} \beta - \sigma t), \quad (2)$$

где  $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ ;

$\alpha_0$  – волновое число (частота формы), которое на мелководье определяется как единственный действительный положительный корень трансцендентного уравнения

$$\alpha g \cdot \text{Th}(\alpha H) = \sigma^2; \quad (3)$$

$\sigma = \alpha_0 c$  – частота набегающего волнения.

Представим выражение (2) в виде

$$\Phi^*(x, y, z, t) = \Phi_c^* \text{Cos}(\sigma t) + \Phi_s^* \text{Sin}(\sigma t), \quad (4)$$

где амплитудные функции  $\Phi_c^*$  и  $\Phi_s^*$ , равны соответственно

$$\left. \begin{array}{l} \Phi_c^* \\ \Phi_s^* \end{array} \right\} = \pm \frac{ag}{\sigma} \frac{Ch[\alpha_0(z-H)]}{Ch(\alpha_0 H)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin}(\alpha_0 x \text{Cos} \beta + \alpha_0 y \text{Sin} \beta) \\ \text{Cos}(\alpha_0 x \text{Cos} \beta + \alpha_0 y \text{Sin} \beta) \end{array} \right\}. \quad (5)$$

Дифракционный потенциал  $\Phi^d(x, y, z, t)$  представляет собой решение следующей краевой задачи:

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \Phi^d(x, y, z, t) = 0, \quad (x, y, z) \in E; \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - g \frac{\partial}{\partial z}\right) \Phi^d(x, y, 0, t) = 0, \quad (x, y) \in \Sigma; \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Phi^d(x, y, z, t)}{\partial N} = -\frac{\partial \Phi^*(x, y, z, t)}{\partial N}, \quad (x, y) \in S; \quad (8)$$

$$\frac{\partial \Phi^d(x, y, H, t)}{\partial z} = 0, \quad (x, y) \in ]-\infty; \infty[; \quad (9)$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} [\overline{\text{grad}} \Phi^d(x, y, z, t)] = 0, \quad (x, y, z) \in E, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (10)$$

Здесь  $N$  – внешняя нормаль к поверхности  $S$ .

Кроме того, потенциал  $\Phi^d(x, y, z, t)$  должен удовлетворять принципу излучения, согласно которому дифрагированное волнение расходитя от объекта во все стороны.

По аналогии с (4) представим  $\Phi^d(x, y, z, t)$  в виде суммы

$$\Phi^d(x, y, z, t) = \Phi_c^d \text{Cos}(\sigma t) + \Phi_s^d \text{Sin}(\sigma t). \quad (11)$$

В дальнейшем изложении индекс  $d$  в выражениях дифракционных потенциалов для упрощения записи опущен.

Приведенные выше краевые задачи отличаются от соответствующих задач для потенциала излучения [9] только формой граничного условия на корпусе судна. Поэтому для определения потенциала скоростей дифрагированного движения жидкости использован метод, аналогичный примененному в [9].

Линейность краевой задачи для дифракционного потенциала, а также анализ структуры выражения нормальной производной потенциала на смоченной поверхности судна показывают, что этот потенциал целесообразно представить в виде суммы

$$\Phi(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^4 \Phi_i(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^4 [\Phi_i^c(x, y, z) \text{Cos}(\sigma t) + \Phi_i^s(x, y, z) \text{Sin}(\sigma t)] \quad (12)$$

Дифракционные потенциалы  $\Phi_i(x, y, z, t)$  определяются методом сращиваемых асимптотических разложений (САР) так, как это выполнено в [9]. Следует отметить, что используемые расчетные процедуры не ориентированы на какую-либо специальную форму шпангоутных контуров.

Решение этой задачи для судна приведено в [10] и [11]. Выражения для составляющих  $\Phi_1^{c,s}(x, y, z)$  и  $\Phi_3^{c,s}(x, y, z)$  дифракционного потенциала записываются в виде

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1^c(x, y, z) \\ \Phi_1^s(x, y, z) \end{aligned} \right\} = \pm \frac{\alpha_0}{4} Ch[\alpha_0(z-H)] V(\alpha_0 H) \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} Q_c(\xi, \alpha_0) \begin{Bmatrix} N_0(\alpha_0 R) \\ J_0(\alpha_0 R) \end{Bmatrix} d\xi; \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_3^c(x, y, z) \\ \Phi_3^s(x, y, z) \end{aligned} \right\} = \frac{\alpha_0}{4} Ch[\alpha_0(z-H)] V(\alpha_0 H) \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} Q_s(\xi, \alpha_0) \begin{Bmatrix} J_0(\alpha_0 R) \\ N_0(\alpha_0 R) \end{Bmatrix} d\xi. \quad (14)$$

$$\text{Здесь } V(\alpha_0 H) = \frac{2Ch(\alpha_0 H)}{2\alpha_0 H + Sh2\alpha_0 H};$$

$J_0, N_0$  – функции Бесселя и Неймана нулевого порядка действительного аргумента соответственно;

$$R = \sqrt{(x - \xi)^2 + y^2};$$

$\xi$  – переменная интегрирования по длине судна.

Составляющие  $\Phi_2^{c,s}(x, y, z)$  и  $\Phi_4^{c,s}(x, y, z)$  имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \Phi_2^c(x, y, z) \\ \Phi_2^s(x, y, z) \end{aligned} \right\} = \pm \frac{\alpha_0 y}{4} Ch[\alpha_0(z-H)] V(\alpha_0 H) \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{P_c(\xi, \alpha_0)}{R} \begin{Bmatrix} N_1(\alpha_0 R) \\ J_1(\alpha_0 R) \end{Bmatrix} d\xi; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_4^c(x, y, z) \\ \Phi_4^s(x, y, z) \end{aligned} \right\} = \frac{\alpha_0 y}{4} Ch[\alpha_0(z-H)] V(\alpha_0 H) \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{P_s(\xi, \alpha_0)}{R} \begin{Bmatrix} J_1(\alpha_0 R) \\ N_1(\alpha_0 R) \end{Bmatrix} d\xi. \quad (16)$$

Здесь  $J_1, N_1$  – функции Бесселя и Неймана первого порядка действительного аргумента соответственно.

Функции  $P_{c,s}$  и  $Q_{c,s}$  определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} P_{c,s} \\ Q_{c,s} \end{aligned} \right\} = 2 \int_{\frac{b}{2}}^b e^{-\alpha_0 s_0(u)} \begin{Bmatrix} T_1(u) \sin(\alpha_0 u) + T_2(u) \cos(\alpha_0 u) \\ T_1(u) \cos(\alpha_0 u) - T_2(u) \sin(\alpha_0 u) \end{Bmatrix} du; \quad (17)$$

где  $u$  – переменная интегрирования по ширине;

$s_0(u)$  – уравнение контура  $L(x)$ ;

$$T_1 = \alpha_0 A(u) + B(u) \sqrt{1 + \left[ \frac{d\zeta_0(u)}{du} \right]^2}; \quad (18)$$

$$T_2 = \alpha_0 A(u) \frac{d\zeta_0(u)}{du}; \quad (19)$$

$A(u)$  – значение потенциала скоростей на контуре  $L(x)$ ;

$B(u)$  – значение нормальной производной потенциала на контуре  $L(x)$ .

При вычислении функций  $P_{c,s}$  и  $Q_{c,s}$  используются соответствующие выражения для нормальных производных потенциалов на смоченной поверхности судна, а именно

$B_C^{pp}$  – для  $Q_c$ ;  $B_S^{pp}$  – для  $Q_s$ ;  $B_C^{pp}$  – для  $P_c$ ;  $B_S^{pp}$  – для  $P_s$ .

$$\left. \begin{matrix} B_C^{pp} \\ B_S^{pp} \end{matrix} \right\} = \mp \frac{ag\alpha_0 \text{Cos}(N, z)}{\sigma \text{Ch}(\alpha_0 H)} \text{Sh}[\alpha_0(z-H)] \left\{ \begin{matrix} \text{Sin}(\Theta) \\ \text{Cos}(\Theta) \end{matrix} \right\}; \quad (20)$$

$$\left. \begin{matrix} B_C^{pp} \\ B_S^{pp} \end{matrix} \right\} = - \frac{ag\alpha_0 \text{Cos}(N, y) \text{Sin}\beta}{\sigma \text{Ch}(\alpha_0 H)} \text{Ch}[\alpha_0(z-H)] \left\{ \begin{matrix} \text{Cos}(\Theta) \\ \text{Sin}(\Theta) \end{matrix} \right\}; \quad (21)$$

где  $\Theta = \alpha_0 x \text{Cos}\beta + \alpha_0 y \text{Sin}\beta$ .

Функции  $Q_{c,s}$  и  $P_{c,s}$  вычисляются для каждого шпангоутного контура  $L(x)$ , т.е. для фиксированного  $x$ .

Потенциал  $A(u)$  на контуре неизвестен, поскольку он и является решением задачи. Следуя практике применения функций Н.Е. Кочина в волновых задачах [12], вместо  $A(u)$  в формулы (18) и (19) подставляется значение потенциала при бесконечной частоте  $A_+^\infty(y, z) = \varphi_{c,s}^{pp, pp}(y, z)$ . Краевая задача имеет вид

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi(y, z) = 0, \quad (y, z) \in E; \quad (22)$$

$$\varphi(y, 0) = 0, \quad |y| > \frac{1}{2} b(x); \quad (23)$$

$$\frac{\partial}{\partial Z} \varphi(y, H) = 0, \quad -\infty < y < \infty; \quad (24)$$

$$\frac{\partial}{\partial N} \varphi(y, z) = B(y, z), \quad (y, z) \in L(x), \quad (25)$$

Значения потенциалов  $A_+^\infty(y, z)$  в точках корпуса определяются методом граничных элементов [13].

При выполнении расчетов каждый шпангоутный контур  $L(x)$  задается в виде наборов точек  $K_i(y_i^*, z_i^*)$  (рис. 1). Точки делят контур на достаточно малые элементы, каждый из которых рассматривается как прямолинейный отрезок.

Потенциал на корпусе отыскивается в средних точках  $(y_i, z_i)$  отрезков, концы которых – последовательные точки  $K_i(y_i^*, z_i^*)$ , описывающие контур шпангоута. Расчетные формулы преобразуются с учетом перехода от интегрирования к суммированию по точкам.

Система уравнений для потенциалов  $\varphi(y_i, z_i)$  (индексы опущены) имеет вид

$$\sum_{j=1}^{2n} a_{ij} \varphi_j(y_i, z_i) = h_j, \quad (26)$$

где  $h_j = \sum_{j=1}^{2n} b_{ij} B(y_i, z_i)$ ;

$a_{ij}$  и  $b_{ij}$  – элементы матриц  $\{a_{ij}\}$  и  $\{b_{ij}\}$ , которые определяются при помощи функций Грина соответствующей краевой задачи [14];

$$a_{ij} = \int_{K_j K_{j+1}} \frac{\partial U(y_i, z_i, \eta, \zeta)}{\partial N_j} dl(\eta, \zeta); \quad (27)$$

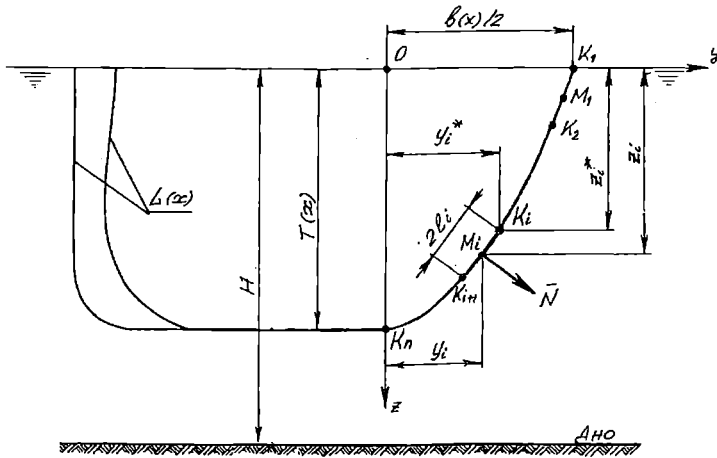


Рис. 1. Размещение базовых точек на шпангоутном контуре и очертания контуров шпангоутов объектов 2 и 3

$N_j$  – внешняя нормаль к  $j$ -му отрезку,

$\eta$  и  $\zeta$  – координаты узлов;

$$b_{ij} = \int_{K_j K_{j+1}} U(y_i, z_i, \eta, \zeta) dl(\eta, \zeta); \quad (28)$$

$B(y_i, z_i)$  – значение нормальной производной соответствующего потенциала в точке  $(y_i, z_i)$  которое определяется по соответствующей формуле (20)-(21).

Интегрирование выполняется с помощью квадратурной формулы Гаусса с четырьмя узлами [13].

Функция Грина  $U(y, z, \eta, \zeta)$  и ее частные производные по  $y$  и  $z$  имеют разные выражения при  $z < \zeta$  и  $z > \zeta$ . При  $0 < z < \zeta$

$$U(y, z, \eta, \zeta) = -\frac{1}{4\pi} \text{Ln} \left\{ [(CHS_-)^2 + (SHC)^2] - \text{Ln} \left\{ [(CHS_+)^2 + (SHC)^2] \right\} \right\}, \quad (29)$$

где

$$CHS_- = \text{Ch} \frac{\pi(y-\eta)}{2H} \text{Sin} \frac{\pi z}{2H} - \text{Sin} \frac{\pi \zeta}{2H};$$

$$SHC = \text{Sh}^2 \frac{\pi(y-\eta)}{2H} \text{Cos}^2 \frac{\pi z}{2H};$$

$$CHS_+ = \text{Ch} \frac{\pi(y-\eta)}{2H} \text{Sin} \frac{\pi z}{2H} + \text{Sin} \frac{\pi \zeta}{2H}.$$



При  $\zeta < z < H$  переменные  $\zeta$  и  $z$  в (29) меняются местами.

Нормальная производная функции Грина для обоих случаев  $z < \zeta$  и  $z > \zeta$  имеет вид

$$\frac{\partial U}{\partial N} = \frac{\partial U}{\partial y} \text{Cos}(N, y) + \frac{\partial U}{\partial z} \text{Cos}(N, z). \quad (30)$$

Приведенное теоретическое решение дифракционной задачи использовано для определения амплитуд волнения в заданных точках вокруг удлиненного объекта, плавающего без хода в мелководной акватории.

Уравнение волнового профиля записывается в виде

$$z_B = \frac{1}{g} \frac{d}{dt} \left[ \Phi^*(x, y, 0, t) + \sum_{i=1}^4 \Phi_i(x, y, 0, t) \right] = r_c \text{Cos}(\sigma t) + r_s \text{Sin}(\sigma t). \quad (31)$$

Амплитуда волнения определяется по формуле

$$r = \sqrt{r_c^2 + r_s^2}. \quad (32)$$

Расчет волновых амплитуд выполняется в заданных точках наблюдения. Эти точки образуют сетку вокруг судна. Координаты точек находятся в пределах  $|x| \leq L$ ,  $|y| \leq L$ , точки внутри контура ватерлинии судна исключены. Шаг по абсциссам сетки – четверть теоретической шпации, по ординатам сетки –  $0.025L$ . В узлах сетки определяются косинусная и синусная составляющие  $r_c$  и  $r_s$ , которые используются для расчета волновых амплитуд (32).

Для анализа выбраны волновые поля вокруг трех объектов, а именно:

- объект 1 – балкер типа «Зоя Космодемьянская», корпус которого является типичным представителем класса крупнотоннажных балкеров и танкеров – бульбообразный нос, транцевая кормовая оконечность, протяженная цилиндрическая вставка с вертикальными бортами, днище без килеватости; главные размерения: длина  $L = 201.6$  м, ширина  $B = 31.8$  м, осадка  $T = 11.73$  м;

- объект 2 – горизонтально расположенный цилиндр, поперечное сечение которого – мидель-шпангоут балкера типа «Зоя Космодемьянская»;

- объект 3 – горизонтально расположенный цилиндр, поперечное сечение которого – теоретический шпангоут № 3 (умеренно бульбообразный) балкера типа «Зоя Космодемьянская».

Длина и осадка всех объектов совпадают; ширина объекта 3 меньше, чем объектов 1 и 2. Очертания мидель-шпангоута и шпангоута № 3 показаны на рис. 1.

Расчеты амплитуд волнения выполнялись для следующих характеристик:

- относительная глубина акватории  $H/T = 1.1, 1.3, 1.5, 2.0$ ;
- курсовые углы набегающего волнения  $\beta = 90^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ$ ;
- относительная длина волны  $\lambda/L = 0.5, 0.8, 1.0$ .

**Результаты исследований.** По результатам расчетов для всех сочетаний глубины акватории, длины волн и курсовых углов волнения получены распределения относительных волновых амплитуд  $\bar{r} = r/a$  вокруг трех объектов в квадратном поле  $|x| \leq L$ ,  $|y| \leq L$ , построены линии равных амплитуд с шагом  $\Delta\bar{r} = 0.1$ .

В качестве примера для всех трех объектов на рис. 2 приведены волновые поля в области набегаания, на рис. 3 приведены волновые поля в области тени.

Анализ рассчитанных волновых полей позволил выявить следующие закономерности.

1. Характер волнового поля в основном определяется формой шпангоутных контуров – это видно при сравнении полей вокруг объектов 2 и 3. Влияние оконечностей приводит к несимметрии волнового поля относительно плоскости мидель-шпангоута объекта.

2. При поперечном и косом волнении вблизи всех объектов со стороны набегаания возникают стоячие волны, пучности которых удалены друг от друга на расстояние, приблизительно равное половине длины волны. Крутизна волн в этой области увеличивается примерно вдвое по сравнению с областью гидродинамической тени или с областью на значительном удалении от корпуса судна. Между пучностями расположены зоны уменьшения волновых ординат. Расположение пучностей зависит от курсового угла волнения и мало изменяется при изменении глубины акватории.

3. В области гидродинамической тени стоячие волны отсутствуют. Расположение и протяженность области тени в основном определяется величиной курсового угла волнения и длиной волны и почти не зависит от глубины акватории. Величина ослабления волнения в области тени больше всего зависит от длин волн и курсового угла волнения, в меньшей степени – от глубины.

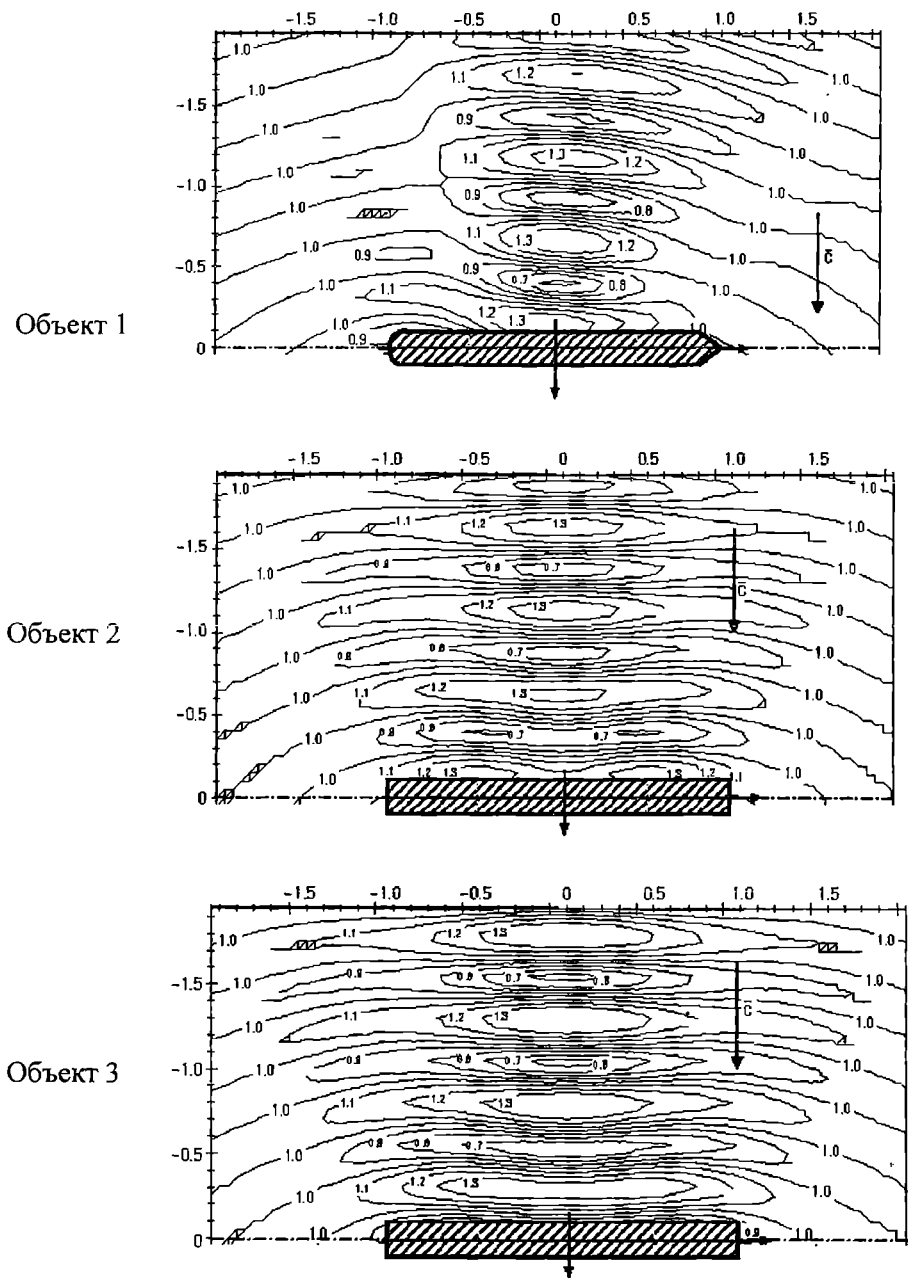


Рис. 2. Волновое поле вокруг объектов 1-3, область набегаия  
 $H/T = 1.1$ ,  $\lambda/L = 0.5$ ,  $\beta = 90^\circ$

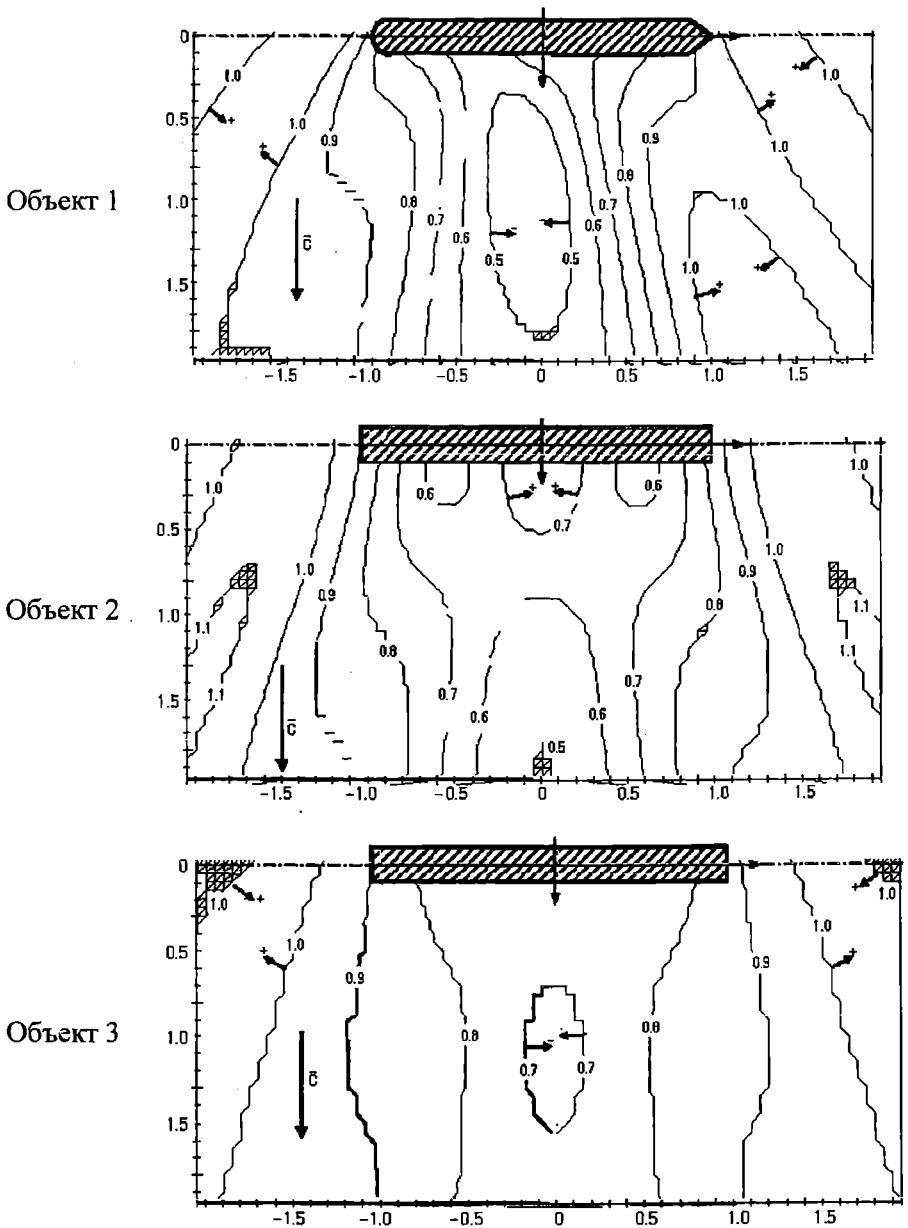


Рис. 3 Волновое поле вокруг объектов 1-3, область тени  
 $H/T = 1.1$ ,  $\lambda/L = 0.5$ ,  $\beta = 90^\circ$

4. Увеличение относительных волновых ординат  $\bar{r} = r/a$  зависит от курсового угла волнения и длин волн, а именно: чем длиннее волны и больше курсовой угол волнения, тем меньше волновые амплитуды.

В качестве примера в таблицах 1 и 2 приведены максимальные и минимальные значения относительных волновых амплитуд вокруг всех объектов для двух значений относительной глубины и для самых коротких волн при всех заданных курсовых углах волнения.

Таблица 1

*Экстремальные относительные волновые ординаты  $\bar{r} = r/a$  вокруг объектов при различных курсовых углах волнения,  $H/T = 1.1$ ,  $\lambda/L = 0.5$*

$\beta \rightarrow$ № ↓	90°			120°			135°			150°		
	набегание		тень	набегание		тень	набегание		тень	набегание		тень
	max	min		max	min		max	min		max	min	
1	1.4	0.6	0.42	1.42	0.6	0.44	1.36	0.68	0.48	1.25	0.82	0.6
2	1.36	0.64	0.5	1.4	0.6	0.54	1.42	0.62	0.56	1.32	0.76	0.66
3	1.45	0.56	0.72	1.36	0.66	0.78	1.24	0.76	0.88	1.12	0.86	0.96

Таблица 2

*Экстремальные относительные волновые ординаты  $\bar{r} = r/a$  вокруг объектов при различных курсовых углах волнения,  $H/T = 1.3$ ,  $\lambda/L = 0.5$*

$\beta \rightarrow$ № ↓	90°			120°			135°			150°		
	набегание		тень	набегание		тень	набегание		тень	набегание		тень
	max	min		max	min		max	min		max	min	
1	1.42	0.6	0.28	1.45	0.6	0.28	1.42	0.76	0.32	1.26	0.8	0.54
2	1.37	0.76	0.26	1.45	0.58	0.33	1.48	0.55	0.36	1.36	0.72	0.52
3	1.42	0.6	0.74	1.32	0.7	0.8	1.24	0.8	0.88	1.1	0.88	0.95

Следует отметить, что  $\bar{r} < 1.0$  означает не понижение уровня воды, а умерение колебаний в данной области.

#### Выводы.

1. Волновые поля вокруг цилиндрических удлиненных тел с одинаковыми длинами и осадками, различной продольной полнотой и формой поперечного сечения отличаются и в области набегания, и в области гидродинамической тени. Причина отличия – форма бортовой поверхности.

2. Отличие волнового поля вокруг судна от полей вокруг цилиндрических объектов обусловлено наличием оконечностей. При поперечном набегании отличие менее выражено, чем при косом.

3. Чем длиннее набегающие волны, тем меньшие изменения в волновое поле вносит объект (судно или цилиндр).

4. Различие в волновых полях практически отсутствует на расстоянии от объекта, превышающем его длину. Поэтому для гидродинамических характеристик, определяемых по асимптотикам потенциалов, можно использовать данные для горизонтальных цилиндров соответствующих размерений. Характеристики волнения в ближнем поле требуют уточнения в зависимости от формы объекта.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Zhu Song-Ping. Diffraction of ocean waves around a hollow cylindrical shell structure / Song-Ping Zhu, L. Mitchell // Wave Motion. – 2009. – №. 46. – P. 78-88.*
2. *Zhu Song-Ping. Combined diffraction and radiation of ocean waves around an OWC device / Song-Ping Zhu, L. Mitchell // Journal of Applied Mathematics and Computing. – 2011. – №. 36. – P. 401-416.*
3. *Goren O. Second-order wave diffraction by horizontal rectangular barriers / O. Goren, S.M. Calisal // Can. J. of Civil Eng. – 2011. – №. 38. – V. 5. – P. 546-555.*
4. *Newman J.N. Second-Order Diffraction in Short Waves / J.N. Newman // Journal of Ship Research. – 2005. – V. 49. – №. 4. – P. 263-273.*
5. *Костров, И. С. Гидродинамика продольной качки судна, движущегося на значительном мелководье / И.С. Костров // Вісник ОНМУ. – 2009. – № 27. – С. 49-59.*
6. *Лопатухин Л.И. Ветровое волнение: Учебн. пособие / Л.И. Лопатухин. – СПб.: ВВМ, 2012. – 165 с.*
7. *Мореходность судов и средств океанотехники. Методы оценки: Монография / Под ред. И.К. Бородая. – ФГУП «Крыловский государственный научный центр» – СПб.: 2013. – 256 с.*
8. *Хаскинд М.Д. Гидродинамическая теория качки корабля / М.Д. Хаскинд. – М.: Наука, 1973. – 327 с.*
9. *Воробьев Ю.Л. Гидродинамика судна в стесненном фарватере / Ю.Л. Воробьев. – СПб.: Судостроение, 1992. – 224 с.*
10. *Ефремова Н.В. Гидродинамическая задача о дифракции волнения, набегающего на судно в мелководной акватории / Н.В. Ефремова // Вісник ОДМУ. – 1998. – № 1. – С. 80-85.*
11. *Ефремова Н.В. Определение параметров качки малого судна при подходе к судну-партнеру на рейдовой стоянке. Дис... канд. техн. наук / Н.В. Ефремова; Одес.гос.мор.ун-т. – Одесса, 2001. – 173 с.*

12. *Кочин Н.Е. Плоская задача об установившихся колебаниях тел под свободной поверхностью тяжелой несжимаемой жидкости / Н.Е Кочин // Известия АН СССР ОТН. – Вып.4. – 1935. – С. 37-62.*
13. *Бенерджи П., Баттерфилд Р. Методы граничных элементов в прикладных науках: Пер. с англ. / П. Бенерджи, Р. Баттерфилд. – М.: Мир, 1984. – 480 с.*
14. *Справочник по теории корабля: В 3 т. / Т. 1. Гидромеханика, сопротивление движению судов, судовые движители / Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 764 с.*

*Стаття надійшла до редакції 20.03.17*

### **Рецензенти:**

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету **О.В. Демідюк**

доктор технічних наук, професор, Генеральний директор Морського інженерного бюро **Г.В. Єгоров**

УДК 629.5.015.4:539.431

Л.И. Коростылёв, Д.Ю. Литвиненко

**ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СУДОКОРПУСНЫХ УЗЛОВ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ  
С УЧЕТОМ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ НАГРУЖЕНИЯ**

*На основании анализа известных подходов к оценке усталостной прочности судокорпусных узлов при случайном нагружении установлено, что при использовании экспериментально-теоретического метода наиболее подходящей является гипотеза Пальмгрена-Майнера. Разработаны модифицированные зависимости экспериментально-теоретического метода для построения кривой усталости, позволяющие принять в расчет влияние эффектов нерегулярности нагружения на величину усталостного повреждения. Выполнен сравнительный анализ результатов оценки усталостного повреждения узла корпуса судна модифицированным экспериментально-теоретическим методом и основными практическими методами расчета усталостной прочности.*

**Ключевые слова:** сварной узел, усталостное повреждение, предел выносливости, нерегулярное нагружение, кривая усталости, гипотеза Пальмгрена-Майнера

*На підставі аналізу відомих підходів до оцінки втомної міцності суднокорпусних вузлів при випадковому навантаженні встановлено, що при використанні експериментально-теоретичного методу найбільш придатною є гіпотеза Пальмгрена-Майнера. Розроблені модифіковані залежності експериментально-теоретичного методу для побудови кривої втоми, що дозволяють прийняти в розрахунок вплив ефектів нерегулярності навантаження на величину втомного пошкодження. Виконаний порівняльний аналіз результатів оцінки втомного пошкодження вузла корпусу судна модифікованим експериментально-теоретичним методом і основними практичними методами розрахунку втомної міцності.*

**Ключові слова:** зварний вузол, втомне пошкодження, границя витривалості, нерегулярне навантаження, крива втоми, гіпотеза Пальмгрена-Майнера

*Based on the analysis of the well-known approaches to fatigue assessment of ship assemblies under random loading conditions it has been established that the Palmgren-Miner hypothesis is the most appropriate for use with the experimental and theoretic method. To account for effects of irregular loading on the value of the fatigue damage modified dependencies of the experimental and theoretic method for drawing the fatigue curve were developed. Comparative analysis of fatigue damage assessment results of the ship hull*



*structural assembly by using of the modified experimental and theoretic method and by using of main practical fatigue assessment approaches was carried out.*

**Keywords:** *welded assembly, fatigue damage, fatigue limit, irregular loading, fatigue curve, Palmgren-Miner hypothesis*

**Введение.** Корпус судна на протяжении срока эксплуатации подвергается стохастическому нагружению преимущественно волнового и вибрационного характера. Наиболее корректным и надежным способом оценки усталостной прочности конструкций, подвергающихся такому типу нагрузки является, согласно работе [1], циклические испытания при моделировании реального случайного нагружения. Такие испытания являются ресурсозатратными и требуют специального оборудования. Большинство лабораторных исследований циклической прочности проводятся при регулярном нагружении постоянной амплитуды и к настоящему времени накоплен существенный объем результатов таких испытаний. Таким образом, для инженерных расчетов необходимо обладать зависимостями, позволяющими производить оценку циклической прочности конструктивных узлов корпуса судна при случайной нагрузке на базе характеристик усталостной прочности конструкций, полученных в результате испытаний при регулярном нагружении.

Наиболее распространенной зависимостью, позволяющей решать указанную задачу является базирующаяся на энергетических принципах гипотеза линейного суммирования усталостных повреждений Пальмгрена-Майнера

$$D = \sum_{i=1}^q n_i / N_i = 1, \quad (1)$$

где  $D$  – мера усталостного повреждения;

$q$  – количество ступеней (уровней) нагрузки;

$n_i$  – наработанное число циклов внешнего нагружения на его  $i$ -ой ступени при амплитуде  $(\sigma_a)_i$ ;

$N_i$  – число циклов до разрушения (или зарождения трещины усталости) при регулярном нагружении исследуемого узла амплитудой  $(\sigma_a)_i$ .

Циклы с максимальным напряжением меньше предела выносливости конструкции  $\sigma_R$ , согласно работ [1; 2], в расчет не принимаются.

В случае, если известен непрерывный закон долговременного распределения внешнего нагружения, расчет согласно линейной гипотезе суммирования усталостных повреждений производится по формуле

$$D = N^* \int_{(\Delta\sigma_n)_{\min}}^{(\Delta\sigma_n)_{\max}} \frac{p(\Delta\sigma_n)}{N(\Delta\sigma_n)} d(\Delta\sigma_n) = 1, \quad (2)$$

где  $\Delta\sigma_n$ ,  $p(\Delta\sigma_n)$  – размах цикла номинальных напряжений и плотность вероятности его распределения;

$N(\Delta\sigma_n)$  – зависимость числа циклов до усталостного разрушения (или до появления трещины усталости) от величины  $\Delta\sigma_n$ ;

$(\Delta\sigma_n)_{min}$ ,  $(\Delta\sigma_n)_{max}$  – минимальный и максимальный размахи номинальных напряжений в диапазоне нагружения исследуемого объекта;

$N^*$  – число циклов нагружения за срок эксплуатации.

Зависимости (1), (2) являются линейными, хотя в действительности накопление усталостного повреждения происходит нелинейным образом. Гипотеза Пальмгрена-Майнера не учитывает ряд факторов, таких как изменение циклической прочности материала по мере накопления повреждения, повреждающий эффект циклов с максимальным напряжением ниже предела выносливости, а также эффект последовательности ступеней нагружения с различной амплитудой  $(\sigma_a)_i$ . Анализ перечисленных эффектов можно найти в работах [1; 3]. В последних также представлены результаты экспериментального исследования формул (1), (2). Наиболее просто данные зависимости проверяются по результатам усталостных испытаний при двухступенчатом нагружении с однократной сменой напряжений. Блочное многоступенчатое нагружение является наиболее простой моделью нерегулярного эксплуатационного нагружения конструкций. Для судокорпусных конструкций в основном характерны нагрузки с непрерывным распределением случайных размахов (амплитуд).

В работе [4] показано, что в рекомендациях по расчету усталостной прочности судокорпусных конструкций большинства классификационных обществ используется гипотеза Пальмгрена-Майнера и модифицированные для учета нерегулярности нагружения кривые усталости. Также в большинстве рекомендаций принято, что сумма (1) или (2) равна единице.

Линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений Пальмгрена-Майнера, не смотря на все ее недостатки и на то, что к настоящему времени разработано ряд гипотез нелинейного суммирования усталостных повреждений, является, согласно работе [4], основным средством оценки циклической прочности конструкций корпуса судна в условиях случайного нагружения. Гипотезу Пальмгрена-Майнера в базовой форме также можно считать наиболее исследованной экспериментально в сравнении с другими. Ряд модификаций линейной гипотезы, а также гипотезы нелинейного накопления усталостного повреждения, рассмотрены в работах [2; 3; 5]. Наиболее простой, согласно работе [1], модификацией, позволяющей принять в расчет эффект циклов нагружения с максимальным напряжением ниже предела выносливости, является продление кривой усталости для исследуемого объекта ниже предела выносливости до пересечения с осью абсцисс. Аналогичный прием предполагает гипотеза, кратко описанная в исследовании [2].

Другая модификация гипотезы Пальмгрена-Майнера, Серенсена-Когаева, предполагает, что критический уровень меры усталостного повреждения  $D_{крит}$  в зависимости (1) отличается от 1 и зависит от формы блока внешнего нагружения, а также от величины максимальной нагруз-

ки. Как указывается в публикации [6], гипотеза Пальмгрена-Майнера в оригинальной форме позволяет получить результаты, отличающиеся от экспериментальных в сторону завышения усталостной прочности, т. е. в опасную сторону. Модификация Серенсена-Когаева этой гипотезы предполагает, что критический уровень усталостного повреждения равен 1 в случае регулярного нагружения, и меньше 1 для случаев нерегулярного. Критический уровень величины  $D$  предлагается определять расчетным путем, в зависимости от параметров внешнего нагружения. Таким образом, результаты, полученные с помощью данной модификации должны лучше согласовываться с экспериментальными оценками долговечности, что, однако, не подтверждалось в случае испытаний, проведенных в работе [6] для образцов из стали С45 (предел текучести  $\sigma_T = 458$  МПа, предел прочности  $\sigma_B = 682$  МПа).

Широко используемая на практике модификация гипотезы Пальмгрена-Майнера, предложенная Хайбахом, кратко описана в работах [1], [5]. Данная модификация применялась для получения кривых усталости, представленных в работе [7], которые рекомендуются для расчета циклической прочности судокорпусных конструкций Норвежским Веритасом (DNV), Международной ассоциацией классификационных обществ (IACS) и др. Модификация Хайбаха предполагает продление кривой усталости ниже предела выносливости. Наклон добавляемого участка связан с наклоном участка кривой усталости, расположенным выше предела выносливости. Предполагается, что такой прием позволяет принять в расчет усталостного повреждения  $D$  эффект циклов нагружения с максимальным напряжением  $\sigma_{max}$  ниже предела выносливости  $\sigma_R$ . Модификация Хайбаха предназначена для расчета величины  $D$  в условиях нагружения со значительным числом циклов с  $\sigma_{max} < \sigma_R$ .

Для расчета на усталость конструктивных узлов корпуса судна в Национальном университете кораблестроения имени адмирала Макарова был разработан экспериментально-теоретический метод, основные положения и расчетные зависимости которого представлены в работах [7-11]. Базовые зависимости данного метода, описанные в указанных публикациях, позволяют производить оценку циклической прочности судокорпусных узлов, подверженных действию нагружения постоянной амплитуды определенного уровня. Однако, как было указано ранее, корпус судна и его конструктивные узлы на протяжении срока эксплуатации подвергаются стохастическому нагружению.

Для расчета судокорпусных узлов, испытывающих случайные нагрузки, с помощью экспериментально-теоретического метода и линейной гипотезы в форме (1) или (2) необходимо модифицировать базовые зависимости метода или назначить величину  $D_{крит}$  на соответствующем уровне меньше 1. Такое модифицирование необходимо для приближенного учета эффектов нерегулярности нагружения. Наилучшим критерием его обоснованности является близость результатов, рассчитанных с применением модифицированных зависимостей, к результатам, полученным

с помощью циклических испытаний при моделировании реального случайного нагружения. Однако, ввиду сложности последних, в качестве критерия обоснованности может быть принята близость результатов расчета усталостного повреждения судокорпусных узлов при заданном случайном нагружении, полученных с использованием модифицированных зависимостей исследуемого метода и гипотезы Пальмгрена-Майнера, к результатам оценки величины  $D$  распространенными в расчетной практике методами, рекомендуемыми международными организациями и классификационными обществами. Данные методы, однако, обладают рядом недостатков, которые проанализированы в работе [7].

**Цель работы** – разработать схему расчета усталостного повреждения судокорпусных узлов, подвергающихся действию стохастического нагружения, на базе экспериментально-теоретического метода и линейной гипотезы суммирования усталостного повреждения, учитывающую эффекты нерегулярности.

**Изложение основного материала.** В реальности, как указывается в работах [1; 3; 5], накопление усталостного повреждения в конструкциях и материалах происходит нелинейным образом. Одной из причин данного факта является снижение характеристик циклической прочности материала вместе с отработанным числом циклов нагружения. В работах [12-13] представлено ряд гипотетических критериев, описывающих динамику снижения предела выносливости материалов. Другим фактором, влияющим на сумму (1) является эффект последовательности ступеней нагружения с различной амплитудой  $(\sigma_a)_i$ , который подробно рассмотрен в работах [1], [3]. Данный фактор следует принимать в расчет при небольшом числе ступеней нагружения в блоке, в случае же перемешанных ступеней нагружения (характерных для нагружения волновой природы), зависимость (1) в среднем стремится к единице, как указано в работе [3].

Повреждающий эффект циклов нагружения с максимальным напряжением меньше предела выносливости возникает вследствие того, что микродефекты, зарождающиеся, но не развивающиеся при циклах нагружения с максимальным напряжением  $\sigma_{max} < \sigma_R$ , развиваются в исследуемом объекте при циклах нагружения с максимальным напряжением выше  $\sigma_R$ . В исследовании [14] экспериментально показано для стали марки Fe 690 (условный предел текучести  $\sigma_{0,2} = 810$  МПа;  $\sigma_b = 870$  МПа) и алюминиевого деформируемого сплава AlMg4.5Mn ( $\sigma_{0,2} = 300$  МПа;  $\sigma_b = 360$  МПа), что в оценках усталостной прочности можно ограничиться некоторой нижней границей повреждающих напряжений. Данную границу можно устанавливать в долях от максимальной нагрузки из диапазона внешних нагрузок или в долях от предела выносливости материала (образца без концентратора напряжений) или образца с концентратором. Последний способ определения нижней повреждающей границы является наиболее используемым на практике. Таким образом, данную границу можно определять произведением коэффициента нижней границы повреждающих напряжений  $\zeta$  ( $\zeta < 1$ ) на предел выносливости рассматри-

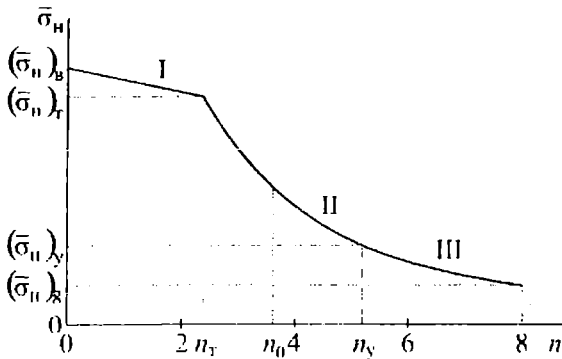
ваемого объекта при симметричном цикле  $\zeta \cdot \sigma_{-1к}$ . Для учета влияния средних напряжений цикла, согласно работе [14], следует пользоваться соответствующими приближенными зависимостями (например, в упомянутой работе рекомендовалась формула Смита-Уотсона-Топпера). В указанной работе в результате экспериментального анализа была рекомендована величина  $\zeta$  на уровне 0,5. В работах [12; 13] величина  $\zeta$  определялась расчетным и экспериментальным способом, полученные значения находились в диапазоне 0,6-0,75. В работе [15] для расчетов усталостной прочности судокорпусных конструкций также рекомендуется принимать коэффициент нижней границы повреждающих напряжений на уровне 0,5. Но, вообще, величина  $\zeta$  зависит от интенсивности нагружения.

Таким образом, при экспериментальном и расчетном исследовании усталостной прочности судокорпусных конструкций, подвергающихся стохастическому нагружению, в расчет следует принимать циклы нагружения с максимальным напряжением на уровне 1/2 предела выносливости конструкции при симметричном нагружении и выше. Для учета влияния средних напряжений цикла следует пользоваться приближенными зависимостями (например, Смита-Уотсона-Топпера).

Следует также уточнить, что согласно экспериментальным данным, полученным в работе [14], усталостная долговечность (до появления трещины) для случаев «усеченных» по границу  $0,5 \cdot \sigma_{-1к}$  случайных последовательностей нагрузок превышала усталостную долговечность, полученную при оригинальных последовательностях, на 10-30 % и на 20-55 % в зависимости от применявшегося стандартного случайного нагружения.

**Базовый вариант экспериментально-теоретического метода расчета усталостной прочности судокорпусных конструкций.** Исходным объектом в экспериментально-теоретическом методе расчета усталостной прочности судокорпусных конструкций, основные положения которого представлены в работах [7-11], является не узел в целом, а присутствующие в нем отдельные очаги концентрации напряжений, наиболее слабым из которых определяется усталостная прочность узла и, соответственно, всей конструкции. Кривая усталости, построенная согласно данному методу, представлена на рисунке 1 и состоит из трех участков. Она строится на базе критериальных зависимостей усталости материала Ленджера и Хейвуда с использованием экспериментальных данных испытаний на усталость натуральных или полунатурных моделей при высоком уровне номинальных напряжений. Указанная кривая усталости отображается в полулогарифмической системе координат:  $n = \lg N$  и  $\bar{\sigma}_n = \Delta\sigma_n / \Delta\sigma_{n0}$ . При этом «привязка» к результатам циклических испытаний типового очага концентрации напряжений происходит на участке II в точке с координатой  $n_0$ . Индекс «0» при  $\Delta\sigma_{n0}$  и  $n_0$  означает, что указанные величины относятся к экспериментальным данным:  $\Delta\sigma_{n0}$  – размах цикла номинальных напряжений, который имел место в модели конструктивного узла, при испытании на усталость которой было установлено число цикло  $N_0$  до появления трещины длиной 1-2 мм.

Участок I кривой строится посредством соединения прямой линией в полулогарифмической системе координат двух точек. Первая – граничная левая точка участка II, которая характеризует циклическую прочность узла при максимальных номинальных напряжениях цикла равных пределу текучести материала  $\sigma_T$ . Вторая точка соответствует достижению максимальных номинальных напряжений цикла предела прочности  $\sigma_B$  при  $n = 0$ . Для построения участка II кривой используется деформационный критерий усталости материала, предложенный Ленджером, для участка III – силовой критерий Хейвуда.



*Рис. 1. Кривая усталости  
согласно экспериментально-теоретическому методу*

Расчетные зависимости для каждого участка имеют следующий вид:

– для участка I

$$\bar{\sigma}_n = \left(1 - \frac{n}{B}\right) (\bar{\sigma}_n)_B, \quad (3)$$

граничные точки:  $((\bar{\sigma}_n)_B, 0)$  и  $((\bar{\sigma}_n)_T, n_T)$ ;

– для участка II

$$\bar{\sigma}_n = \left\{ \frac{1 + (\bar{\psi}/N^{0.5})}{\varphi [1 + (\bar{\psi}/N_0^{0.5})]} \right\}^{1/5} \quad (4)$$

граничные точки:  $((\bar{\sigma}_n)_T, n_T)$  и  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$ ;

– для участка III

$$\bar{\sigma}_n = \bar{\sigma}_B \left[ \frac{2(1 + \beta n^4)}{1 + \alpha n^4} - \delta(n - n_y) \right] \quad (5)$$

граничные точки:  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$  и  $((\bar{\sigma}_n)_8, 8)$ .

Участок II кривой усталости строится на основе предположения о том, что в случае достижения максимальных напряжений в концентраторе величины предела текучести при упругих номинальных напряжениях цикла, размах упругопластической деформации в очаге концентрации будет изменяться по следующей зависимости:

$$\Delta \epsilon = \Delta \epsilon_0 \varphi \left( \frac{\Delta \sigma_n}{\Delta \sigma_{n0}} \right)^s \quad (6)$$

где  $\Delta \epsilon_0$  – величина размаха полной деформации, которая действовала в очаге концентрации модели узла при ее циклических испытаниях;

$\varphi$  – функция, учитывающая отличия геометрических и механических характеристик исследуемого узла и испытанной на усталость модели.

Функция  $\varphi$  определяется следующим образом:

$$\varphi = \frac{K_t^{2/(1+m)} \sigma_{T0}^{(1-m)/(1+m)}}{K_{t0}^{2/(1+m)} \sigma_T^{(1-m)/(1+m)}} \quad (7)$$

Здесь  $K_t$ ,  $K_{t0}$  – теоретические коэффициенты концентрации напряжений для исследуемого судокорпусного узла и испытанной модели;

$m$ ,  $m_0$  – показатели степени для степенной аппроксимации диаграммы деформирования материала конструкции и модели;

$\sigma_T$ ,  $\sigma_{T0}$  – пределы текучести материала исследуемого узла и модели, соответственно.

Участок III кривой усталости характеризует циклическую прочность узла при упругом деформировании в очаге концентрации. Точка  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$  соответствует началу данного участка. Величина размаха напряжений  $(\bar{\sigma}_n)_8$  в относительных координатах соответствует появлению трещины в конструктивном узле при  $10^8$  циклов.

Пояснения к остальным обозначениям в выражениях (3)-(5) можно найти, например, в источнике [11]. Представленные расчетные формулы экспериментально-теоретического метода предназначены для расчета на усталость конструктивных узлов, подверженных нагружению с постоянными размахом и средним напряжением цикла.

**Модифицирование экспериментально-теоретического метода для расчетов циклической прочности при нерегулярном нагружении.** Учитывая, что расчет усталостного повреждения конструкции  $D$  согласно гипотезе линейного суммирования в ее базовой форме не учитывает влияние эффектов нерегулярности нагружения, его результаты будут, очевидно, отличаться от экспериментальных. Наиболее простым способом устранения такого отличия можно считать выбор критического уровня меры усталостного повреждения  $D_{\text{крит}}$  на уровне меньше 1. Величина  $D_{\text{крит}}$  может быть рассчитана с помощью зависимости, предложенной

Серенсеном С.В. Верификация данной зависимости путем сравнения результатов, полученных с ее помощью, с данными экспериментов, выполненных для образцов из стали С45, была произведена в работе [6]. В этой работе показано, что результаты, рассчитанные согласно указанной формуле плохо согласуются с результатами экспериментов. Особенно данное расхождение проявлялось в случае характерных для эксплуатационных параметров внешнего нагружения. В некоторых рекомендациях для расчета усталостной прочности конструкций, согласно [6], предлагается устанавливать величину  $D_{\text{крит}}$  на уровне 0,5.

Основной вклад в повреждение судокорпусных конструкций вносят нагрузки нагрузки невысокого уровня. Таким образом, при расчете усталостного повреждения согласно формулам (1), (2) особое внимание должно быть уделено многоциклового области. В таком случае удобнее всего модифицировать кривые усталости, затрагивая лишь область высоких долговечностей, аналогично модификации Хайбаха [1].

Способы учета циклов нагружения с максимальными напряжениями ниже предела выносливости  $\sigma_{\text{max}} < \sigma_R$  посредством продления кривой усталости ниже предела выносливости  $\sigma_R$  рассматривалась в работах [1; 2; 12]. Данный способ применялся для кривых усталости, состоящих из одной наклонной ветви в логарифмических координатах в диапазоне  $10^4$ - $N_R$  циклов (здесь  $N_R$  – число циклов нагружения, соответствующее пределу выносливости). Кривая усталости экспериментально-теоретического метода, показанная на рисунке 1, состоит из трех участков. Каждый участок соответствует своему механизму усталостного разрушения. Границы участков зависят от геометрических, механических и технологических характеристик конструкции. Таким образом, учитывая отличия кривой усталости экспериментально-теоретического метода от типовых кривых усталости с одной наклонной ветвью, данный способ не рассматривался.

В основе зависимостей экспериментально-теоретического метода на малоциклового участке II кривой усталости (4) лежит критериальная зависимость усталости материала Ленджера, которая устанавливает связь между размахом полной деформации  $\Delta\varepsilon$  и числом циклов до появления трещины усталости  $N$ . Данный критерий является упрощенным вариантом формулы Коэффина-Мэнсона. Последняя имеет следующий вид:

$$\Delta\varepsilon = CN^{-\alpha} + BN^{-\beta}, \quad (8)$$

где  $C$ ,  $B$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  – величины, определяемые по результатам циклических испытаний гладких образцов или приближенными оценками.

Критерий (8) и его упрощенные варианты используются при расчете на циклическую прочность конструкций деформационным методом. Основные положения последнего описаны в работах [7; 15-17]. Причем, в публикациях [16-17] для расчетов сварных конструкций подверженных нерегулярному нагружению используется модифицированные для учета



эффектов нерегулярности деформационные критерии усталости материала. Суть данных модификаций поясняется в исследовании [17] и состоит в том, чтобы путем умножения слагаемого  $BN^\beta$  (соответствующего упругой составляющей размаха полной деформации  $\Delta\varepsilon$ ) в правой части формулы (8) на коэффициент  $\zeta$ , получить при числе циклов до появления трещины усталости  $N$ , соответствующем пределу выносливости материала, размах упругих деформаций, соответствующий нижней границе повреждающих напряжений материала  $2 \cdot \zeta \cdot \sigma_{-1}/E$  (здесь  $E$  – модуль упругости материала). Причем, в публикации [17] было принято, что  $\zeta = 0,55$ . Введением такой поправки добиваются снижения кривой усталости материала в координатах  $\Delta\varepsilon-N$ . Таким образом, очевидно, предполагается принимать в расчет описанный ранее повреждающий эффект циклов нагружения с максимальным напряжением меньше предела выносливости, а также эффект снижения циклических характеристик материала по мере накопления усталостного повреждения.

Поправка, как указывалось, вводится для компонента  $BN^\beta$ , соответствующего упругой составляющей размаха полной деформации. Причем, данный компонент имеет превалирующее влияние на величину размаха полной деформации в многоциклового области. Это обосновано, согласно работе [17], тем, что основной вклад в усталостное повреждение конструкции вносят эксплуатационные нагрузки «умеренного уровня интенсивности». Модификация Хайбаха аналогично вводится в многоциклового области для учета влияния на повреждение  $D$  нагрузок такого же уровня. Критическое значение усталостного повреждения  $D_{\text{крит}}$ , соответствующее зарождению трещины, принимают равным единице.

Описанный прием можно считать «обратным» для случая, когда корректируется величина  $D_{\text{крит}}$ . Как указывается в работе [6], в расчетной методике FITNET заложено предположение, что  $D_{\text{крит}} = 0,5$ . Такое предположение согласуется с представленным выше способом модификации кривой усталости при  $\zeta = 0,5$ .

Упрощенный вариант деформационного критерия (8), в котором слагаемое  $BN^\beta$  в правой части формулы заменялось на  $2 \cdot \sigma_{-1}/E$ , применялся для оценки усталостной прочности судокорпусных конструкций в исследовании [16]. Такой упрощенный деформационный критерий усталости материала, учитывающий нерегулярность нагружения, представлен ниже

$$\Delta\varepsilon = CN^{-\alpha} + \frac{2\zeta\sigma_{-1}}{E} \frac{K_t}{K_e}, \quad (9)$$

где  $\sigma_{-1}$  – предел выносливости материала при симметричном цикле нагружения;

$K_t$ ,  $K_e$  – теоретический и эффективный коэффициенты концентрации напряжений.

Деформационный критерий усталости материала Ленджера в его базовой форме соответствует зависимости (9) без поправок  $K_t/K_e$  и  $\zeta$ . Член  $K_t/K_e$  в (9) предназначен для учета эффекта микропластического дефор-

мирования в очаге концентрации напряжений. В критерии Ленджера предполагается, что  $C = 1/4 \cdot \ln(1/(1-\psi_n))$  и  $\alpha = 0,5$ .

На основании изложенного, можно предложить следующие варианты модифицирования кривых усталости экспериментально-теоретического метода.

1. Замена критерия Ленджера, на базе которого строятся зависимости малоциклового участка II кривой усталости, показанной на рисунке 1, его модифицированным вариантом (9), без учета поправки  $K_f/K_c$ . Последняя опускается, так как предполагается, что в рассматриваемом методе эффект микропластического деформирования в очаге концентрации принимается в расчет косвенно, посредством привязки к экспериментальным данным. Введение коэффициента  $\zeta$  в расчетные зависимости метода на участке II кривой усталости также будет оказывать влияние и на координаты точки начала упругого деформирования  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$ , и, таким образом, на многоциклового участка III.

2. Второй вариант модифицирования состоит во введении поправки на нерегулярность нагружения лишь на многоциклового участке III кривой усталости. Корректированные таким образом кривые могут предназначаться для расчета конструкций, испытывающих нагрузки в основном невысокой интенсивности. Модифицирование предполагает плавное понижение кривой усталости на участке III, в сравнении с базовой, таким образом, чтобы при числе циклов  $10^7$  относительный размах напряжений согласно модифицированной кривой  $(\bar{\sigma}_n)_7$  определялся в долях от  $(\bar{\sigma}_n)_7$  для базовой, произведением  $\zeta \cdot (\bar{\sigma}_n)_7$ . Для учета асимметрии цикла нагружения предполагается использовать формулу Гудмана, описанную в работе [15]. Плавность понижения кривой на участке III обеспечивается при предположении линейного изменения коэффициента нижней границы повреждающих напряжений  $\zeta$  между точками  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$  и  $((\bar{\sigma}_n)_8, 8)$  кривой усталости. Точка  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$  модифицированной кривой и участки I и II должны соответствовать таковым для базовой кривой усталости. Таким образом, величина коэффициента нижней границы повреждающих напряжений  $\zeta = 1$  для точки  $((\bar{\sigma}_n)_y, n_y)$ , тогда как для точки  $((\bar{\sigma}_n)_7, 7)$  величина  $\zeta < 1$ .

3. Совместное введение поправок на малоциклового участке II согласно варианту 1 и на участке III согласно варианту 2.

4. Линейное смещение кривой усталости экспериментально-теоретического метода таким образом, чтобы относительный размах напряжений  $(\bar{\sigma}_n)_7$ , рассчитанный согласно такой модифицированной кривой и соответствующий появлению трещины при  $10^7$  циклов, определялся в долях от  $(\bar{\sigma}_n)_7$  для базовой кривой, произведением  $\zeta \cdot (\bar{\sigma}_n)_7$ . Таким образом, смещение кривой усталости предполагается производить на величину  $(1-\zeta) \cdot (\bar{\sigma}_n)_7$ , где  $(\bar{\sigma}_n)_7$  можно приближенно оценить с использованием величины теоретического коэффициента концентрации напряжений  $K_t$ .

Представленные выше варианты модифицирования кривых усталости экспериментально-теоретического метода для учета нерегулярности нагружения аналогичны корректировке деформационного метода, оценки усталостной прочности в работах [16-17].

**Сравнительный анализ усталостных повреждений типового судокорпусного узла.** Для выбора наиболее корректного варианта модификации кривых усталости в экспериментально-теоретическом методе из предложенных, был выполнен сравнительный анализ результатов расчета усталостного повреждения согласно различным модификациям, описанным ранее. Указанные результаты сравнивались с результатами расчетов согласно методам, рекомендуемым Международным институтом сварки (IIW), Норвежским Веритасом (DNV) и другими международными организациями, описанными в [7].

В качестве объекта исследования был выбран узел пересечения поясков равновысоких балок, схема которого представлена на рисунке 2, а. Рассматриваемый судокорпусный узел испытывался циклически в лаборатории кафедры строительной механики и конструкции корпуса корабля Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова. На рисунке 2, б представлена фотография образца с трещиной усталости, которая появилась при лабораторных испытаниях на усталость.

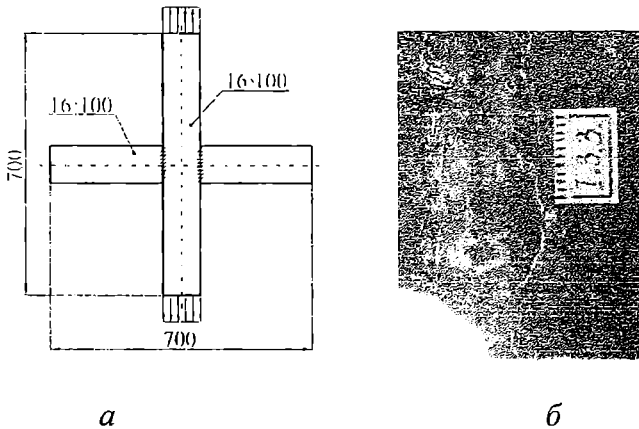


Рис. 2. Узел пересечения поясков равновысоких балок:  
а – схема узла; б – трещина усталости в испытанном образце

Образцы изготавливались в цеховых условиях и сваривались ручной сваркой, материал – сталь D40 ( $\sigma_t = 410$  МПа;  $\sigma_b = 620$  МПа). Испытания проводились при близком к нулевому внешнем нагружении. Величина размаха упругих номинальных напряжений при циклических испытаниях моделей подбиралась так, чтобы максимальные напряжения цикла  $\sigma_{max}$  в концентраторе достигали значения предела текучести материала  $\sigma_t$ .

Теоретический коэффициент концентрации напряжений  $K_t$  для узла определялся по методике, представленной в работе [18]. Радиус  $\rho$  и угол наклона профиля сварного шва  $\theta$  в месте перехода от основного металла к наплавленному являются одними из основных факторов, определяющих величину  $K_t$ . Данные параметры подбирались по их обобщенным распределениям, представленным в работе [19], соответственно вероятности разрушения объекта, для которой строится кривая усталости (здесь имеется ввиду, что количество циклов до разрушения конструкции  $N$ , полученное в результате опыта при определенных параметрах нагружения – случайная величина, поэтому кривые усталости строятся по результатам статистической обработки для различной вероятности разрушения). Для кривой усталости с вероятностью разрушения конструкции  $P_f = 50\%$  величина  $K_t = 4,02$ . При  $P_f = 2,3\%$  теоретический коэффициент концентрации напряжений в узле составлял  $K_t = 6,20$ . Причем в последнем случае  $K_t$  определялся для обеспеченности  $\rho$  равной  $92\%$ , т. к. значение радиуса  $\rho$  не может быть меньше величины радиуса структурного элемента, т. е. радиуса такого минимального объема сферической формы, в котором еще может возникнуть усталостное повреждение в данном материале. Точки «привязки» к экспериментальным данным были получены по результатам статистической обработки данных испытаний моделей. Для вероятности  $P_f = 50\%$  точка привязки была следующей:  $\Delta\sigma_{n0} = 309,7$  МПа;  $N_0 = 5012$ . Для  $P_f = 2,3\%$ :  $\Delta\sigma_{n0} = 287,9$  МПа;  $N_0 = 5012$ .

Долговременное распределение размахов номинальных напряжений аппроксимировалось двухпараметрическим законом Вейбулла. Согласно последнему плотность распределения размахов напряжений выражается следующей формулой:

$$p(\Delta\sigma_n) = k(\Delta\sigma_n^{k-1} / a_\sigma^k) \exp(-(\Delta\sigma_n / a_\sigma)^k), \quad (10)$$

где  $k$  – параметр формы;

$a_\sigma$  – параметр масштаба распределения. На основании представленных в работе [20] данных при выполнении расчета принято:  $k = 0,927$ ;  $a_\sigma = 18,547$  МПа; общее число циклов нагружения  $N^* = 8,89 \cdot 10^7$ .

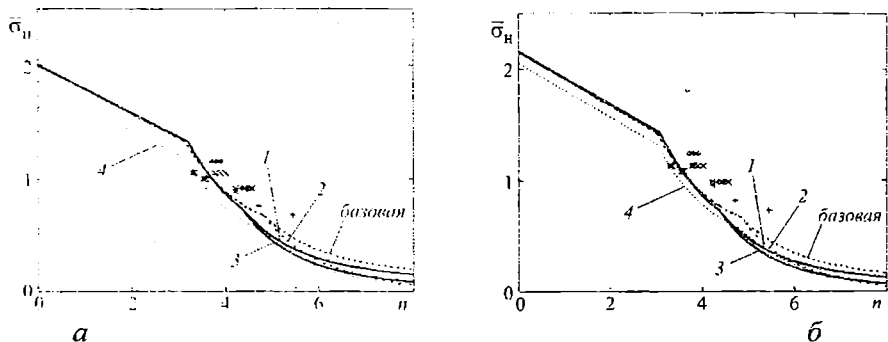
Результаты расчета усталостного повреждения узла пересечения поясков равновысоких балок согласно различных вариантов модифицирования кривых усталости экспериментально-теоретического метода, перечисленных ранее, а также согласно базовым зависимостям метода, представлены в таблице 1. Нумерация вариантов модификации кривых усталости, указанная в таблице соответствует нумерации представленного ранее перечня. Расчет с помощью экспериментально-теоретического метода производился предполагая отнулевой цикл внешнего нагружения, такая же асимметрия цикла предполагается для кривых усталости основных практических методов, рассмотренных в [7], рекомендуемых международными организациями и классификационными обществами.

Таблиця 1

*Результаты оценки усталостного повреждения узла пересечения поясков равновысоких балок с помощью модифицированного согласно различным вариантам экспериментально-теоретического метода*

Вариант модифицирования	Участки, где учитывалась нерегулярность	Задаваемый коэффициент нижней границы повреждающих напряжений $\zeta$	$(\bar{\sigma}_n')_7/(\bar{\sigma}_n)_7$	$(\bar{\sigma}_n')_8$ , МПа	$D$
Вероятность разрушения конструкции 50 %					
Базовая кривая	–	–	–	59,66	2,17
1	II	0,55	0,79	47,15	6,13
2	III	–	0,52	18,10	7,89
3	II и III	0,55	0,54	26,08	12,81
4	I, II, III	0,6	0,42	14,77	16,19
Вероятность разрушения конструкции 2,3 %					
Базовая кривая	–	–	–	47,05	3,94
1	II	0,55	0,78	36,44	10,80
2	III	–	0,52	14,20	11,89
3	II и III	0,55	0,52	20,10	20,32
4	I, II, III	0,6	0,53	16,99	15,46

Кривые усталости узла, показанного на рисунке 2, а, построенные экспериментально-теоретическим методом для вероятности разрушения  $P_f = 50\%$  и  $P_f = 2,3\%$ , представлены на рисунке 3, а и рисунке 3, б, соответственно. Нумерация кривых на рисунках, построенных согласно различным вариантам модифицирования экспериментально-теоретического метода, соответствует нумерации вариантов модифицирования в таблице 1 и в представленном ранее перечне. На рисунке 3 символом «X» обозначены результаты циклических испытаний узла, с использованием которых определялась точка «привязки». Символом «+» обозначены результаты усталостных испытаний узла пересечения поясков равновысоких балок, которые не учитывались при нахождении точки привязки, а символом «♦» – результаты усталостных испытаний образцов после предварительной статической перегрузки (последние также не принимались в расчет для определения точек привязки).



*Рис. 3. Кривые усталости узла пересечения поясков равновысоких балок, построенные экспериментально-теоретическим методом согласно различным способам его модифицирования для учета влияния нерегулярности нагружения*

Результаты расчета усталостного повреждения  $D$  исследуемого судокорпусного узла, полученные методами, рекомендуемыми для расчета сварных конструкций ИВ, DNV и другими классификационными обществами и международными организациями, представлены в таблице 2. Вероятность разрушения конструкции  $P_f$ , предполагаемая для кривых усталости основных практических методов, описанных в [7], составляет 2,3 %.

Учитывая, что для судокорпусных конструкций характерны числа циклов нагружения  $N^*$  за срок эксплуатации порядка  $10^8$ , в экспериментально-теоретическом методе строится кривая усталости, которая ограничивается данным числом циклов до появления трещины. В рекомендациях по расчету на усталость судокорпусных конструкций Норвежского Веритаса и в рекомендациях Международного института сварки 2003 г. издания также используются кривые усталости, ограниченные данным числом циклов. В рекомендациях Международного института сварки 2008 года представлены кривые усталости, ограниченные уровнем  $10^9$  циклов. В настоящей работе расчеты выполнялись с использованием рекомендаций ИВ 2003 г. Для случая применения метода номинального напряжения в таблице 2 также представлены результаты использования рекомендаций 2008 г. Класс усталости FAT (т. е. предел выносливости конструктивного узла при  $10^7$  или  $5 \cdot 10^6$  циклов), который характеризует кривую усталости в методе номинального напряжения, подбираемую для исследуемого узла, также представлен в таблице.

При расчете усталостного повреждения методом напряжения в «горячей» точке использовалась кривая класса FAT100. Коэффициент концентрации конструктивных напряжений  $K_g$  (обусловленных общей геометрией узла, без учета влияния сварного шва) определялся приближенно – делением коэффициента концентрации напряжений в узле с учетом сварного шва  $K_s$  на коэффициент концентрации напряжений, обу-

словленный наличием сварного шва  $K_w$ . Последний рассчитывался по приближенным формулам согласно работе [18]. В то же время, согласно с рекомендациями IIW, DNV и др., конструктивные напряжения в сварных конструкциях следует определять экстраполяцией из специальных точек на поверхности узла. Такая методика определения данных напряжений кратко изложена в работе [7].

При использовании метода фиктивного закругления концентратора напряжений для расчета на усталость узла пересечения поясков равновысоких балок использовалась кривая усталости FAT225. Коэффициент концентрации  $K_{notch}$  рассчитывался как произведение  $K_g \cdot K_w$ . Причем,  $K_w$  оценивался по указанным ранее приближенным формулам при радиусе профиля шва в месте перехода от основного металла к наплавленному  $\rho = 1$  мм и углу наклона профиля шва в данном месте  $\theta = 30$  град.

*Таблица 2*

*Расчет усталостного повреждения узла пересечения поясков равновысоких балок с помощью основных практических методов, рекомендуемых классификационными обществами и международными организациями (вероятность разрушения конструкции 2,3 %)*

Метод расчета	Усталостное повреждение $D$	$(\Delta\sigma_n)_8$ , МПа
Номинального напряжения (согласно с рекомендациями IIW 2008 г., FAT50)	18,07	18,46
Номинального напряжения (согласно с рекомендациями IIW 2003 г., FAT50)	18,07	20,24
Напряжения в «горячей» точке (согласно с рекомендациями IIW 2003 г., FAT100)	19,29	19,65
Фиктивного закругления концентратора напряжений (согласно с рекомендациями IIW 2003 г., FAT225)	12,17	22,77

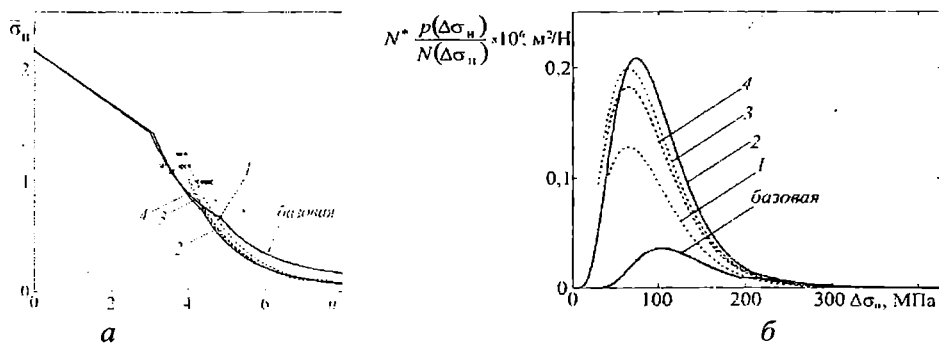
Как видно из таблицы 2 результаты расчета усталостного повреждения  $D$  согласно разным подходам к оценке усталостной прочности несколько разнятся между собой (хотя, расчет по методу напряжения в «горячей» точке производился отличным от практических рекомендаций способом). Данный факт согласуется с выводами работы [7].

В таблицах 1 и 2 приводятся значения размаха напряжений в абсолютных величинах  $(\Delta\sigma_n)_8$ , соответствующего появлению трещины в конструктивном узле при  $10^8$  циклов. Данные значения приводятся для сравнения положения различных кривых усталости в области высокой долговечности.

**Обсуждение основных результатов.** Как видно из результатов оценки усталостного повреждения судокорпусного узла, представленных в таблице 1 и таблице 2, наиболее близким, с завышением в безопасную сторону, к данным расчета основными практическими методами (которые описаны в рекомендациях Международного института сварки) при вероятности разрушения узла  $P_f = 2,3\%$  является результат, полученный согласно с способом 3 модифицирования экспериментально-теоретического метода. Данный результат получен, при предположении, что величина коэффициента нижней границы повреждающих напряжений  $\zeta = 0,55$ . Отношение пределов выносливости на базе  $10^7$  циклов, рассчитанных согласно с модифицированной и базовой кривыми усталости,  $(\bar{\sigma}_n^1)/(\bar{\sigma}_n)_7$ , при этом составляло 0,54 и 0,52 для  $P_f = 50\%$  и  $P_f = 2,3\%$ . Таким образом, в данном случае модифицированная кривая усталости при  $10^7$  понижалась практически в 2 раза по сравнению с базовой, что согласуется со схемой корректирования деформационного критерия усталости материала (8), описанной в [17]. В данном варианте модифицирования кривой усталости экспериментально-теоретического метода предполагается вводить поправку на нерегулярность в базовые зависимости для участков II и III кривой.

На рисунке 4, а в полулогарифмических координатах представлены базовая и модифицированная согласно выбранному способу кривые усталости экспериментально-теоретического метода в сравнении с кривыми усталости других основных практических методов. Данные кривые построены для узла пересечения поясков равнобычских балок, показанного на рисунке 2, а. На рисунке 4, б представлено сравнение кривых интенсивностей накопления усталостного повреждения, построенных согласно с кривыми усталости на рисунке 4, а и использованных ранее параметров долговременного распределения размахов номинальных напряжений. Интенсивность накопления усталостного повреждения выражалась как подынтегральная функция в формуле (2). На рисунке 4, а и рисунке 4, б использованы следующие обозначения: 1 – кривая усталости и кривая интенсивности накопления усталостного повреждения согласно методу фиктивного закругления концентратора напряжений; 2 – кривая усталости и кривая интенсивности накопления усталостного повреждения, определенные экспериментально-теоретическим методом с поправками на нерегулярность на участках II и III кривой; 3 – то же, что и 1, но с применением метода напряжения в «горячей» точке; 4 – аналогично 1 и 3, однако с использованием метода номинального напряжения (кривые усталости и кривые интенсивности накопления усталостного повреждения для данного метода были получены согласно с рекомендациями IAW 2008 г. и 2003 г., так как в диапазоне до  $10^8$  циклов они практически совпадали, то на рисунке 4, а, б представлены единичными). На рисунке 4, а, б также показаны кривая усталости и кривая интенсивности накопления усталостного повреждения для случая расчета согласно с базовым вариантом экспериментально-теоретического метода.





**Рис. 4.** Сравнение экспериментально-теоретического метода с другими основными практическими методами:

*а* – кривые усталости;

*б* – интенсивности накопления усталостного повреждения

Расчетные зависимости участка II кривой усталости для выбранного варианта модифицирования экспериментально-теоретического метода можно получить, заменив в (4) и зависимостях для определения  $n_y$ ,  $(\bar{\sigma}_n)_y$  величину  $\bar{\Psi}$  скорректированной  $\bar{\Psi}'$ . Последняя определяется формулой

$$\bar{\Psi}' = 0,625 \frac{E}{\sigma_b} \ln \left( \frac{1}{1 - \psi_k} \right) \frac{1}{\zeta}, \quad (11)$$

где  $\psi_k$  – относительное сужение после разрыва.

Величина  $n_y'$  в рассматриваемом способе модифицирования кривой усталости определяется следующим образом:

$$n_y' = 2 \lg \left( \frac{\bar{\Psi}'}{\frac{2,5 \cdot \sigma_T}{\zeta} \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_b} - 1} \right), \quad (12)$$

Для построения участка III скорректированной кривой усталости вместо формулы (5) следует пользоваться зависимостью

$$\bar{\sigma}_n' = \bar{\sigma}_n \left[ \frac{2(1 + \beta n^4)}{1 + \alpha' n^4} \left( \frac{1}{n - n_y'} + \frac{\zeta - 1}{8 - n_y'} \right) - \delta' \right] (n - n_y'), \quad (13)$$

где  $\bar{\sigma}_n$  и  $\beta$  определяются так же, как и в случае базовых расчетных формул экспериментально-теоретического метода представленных, например, в работе [11]. Другие величины в (13) определяются согласно формулам:

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= \beta K' + \frac{K' - 1}{(n_y')^4}; \\ \delta' &= \zeta^2 \frac{r_{ms} (2\beta/\alpha')^2}{(8 - n_y') \cdot [1 + r_{ms} \cdot \zeta \cdot (2\beta/\alpha')]^2}; \\ K' &= \frac{2\bar{\sigma}_n}{(\bar{\sigma}_n')_y}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Величину коефіцієнта нижньої границі повреждающих напряжений  $\zeta$  в (11)-(14), согласно полученным результатам, рекомендуется принимать на уровне 0,55.

Из рисунка 4, а и рисунка 4, б также видно близость кривой усталости и кривой интенсивности накопления усталостного повреждения экспериментально-теоретического метода к таким же кривым, построенным согласно другим основным практическим методам расчета усталостной прочности.

Кривая усталости конструктивного узла для случая нагружения постоянной амплитуды за пределом выносливости при  $10^7$  циклов, согласно с данными Международного института сварки, снижается примерно на 10 % за декаду циклов (в логарифмических координатах). Снижение модифицированной кривой усталости экспериментально-теоретического метода между  $10^7$  и  $10^8$  циклов при  $P_f = 50\%$  и  $P_f = 2,3\%$  составляло, соответственно, 37,06 % и 40,44 %. Снижение кривой усталости узла пересечения поясков равновысоких балок в методе номинального напряжения согласно рекомендациям IIW между  $10^7$  и  $10^8$  циклов при  $P_f = 2,3\%$  составляет 36,88 %.

**Выводы.** Для расчета на усталость судокорпусных конструкций при нерегулярном нагружении экспериментально-теоретическим методом наиболее рационально использовать гипотезу линейного суммирования усталостных повреждений Пальмгрена-Майнера. При этом, для лучшей согласованности оценок усталостного повреждения согласно данной гипотезе с экспериментальными данными целесообразно использовать модифицированные с целью учета эффектов нерегулярности нагружения кривые усталости. Расчетная оценка усталостного повреждения судокорпусного узла пересечения поясков равновысоких балок, полученная с помощью модифицированной кривой усталости экспериментально-теоретического метода, сравнивалась с расчетными оценками, полученными с применением основных практических методов расчета усталостной прочности. Значение усталостного повреждения, рассчитанное экспериментально-теоретическим методом превышало (в безопасную сторону) на 12,5 % значение повреждения, рассчитанное рекомендуемым Международным институтом сварки методом номинального напряжения.

Разделение кривых усталости в экспериментально-теоретическом методе на кривые для расчета на циклическую прочность при регулярном и нерегулярном нагружении аналогично разделению кривых в рекомендациях Международного института сварки [7].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Schijve J. *Fatigue of Structures and Materials* (2<sup>nd</sup> ed.) / J. Schijve. – Springer, 2009. – 622 p.
2. Прошковац Й., Войтшиек Я. Расчет долговечности элементов машин, нагружаемых переменными колебательными силами // *Проблемы прочности*. – 1980. – № 8. – С. 21-28.

3. Труфяков В.И. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / Под ред. В.И. Труфякова. – К.: Наук. думка, 1990. – 256 с.
4. ISSC. 2009. Committee Report, III.2 Fatigue and Fracture / Edited by C.D. Jang and S.Y. Hongi // Proc. of the 17th ISSC. – Seoul, 2009. – P. 475-585.
5. Lalanne C. Mechanical Vibration and Shock Analysis – Volume 4: Fatigue Damage. (2<sup>nd</sup> ed.) / C. Lalanne. – John Wiley & Sons Publ., 2009. – 478 p.
6. Szala G. Comments on Linear Summation Hypothesis of Fatigue Failures / G. Szala // Polish Maritime Research. – 2014. – Vol. 21. – Is. 3. – Pp. 77-85. DOI: 10.2478/pomr-2014-0033.
7. Коростылев Л.И., Литвиненко Д.Ю. Анализ и классификация методов оценки усталостной прочности сварных тонкостенных конструкций корпуса судна // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 3 (37). – С. 104-118.
8. Суслов В.П., Коростылев Л.И., Штырев Н.А. О расчетной оценке усталостной прочности конструктивных узлов судового корпуса // Строительная механика корабля: сб. науч. тр. – Николаев: НКИ. – 1987. – С. 35-42.
9. Коростылев Л.И. Оценка усталостной прочности судовых корпусных конструкций с концентраторами напряжений // Тр. Второй междунар. конф. по судостроению (Санкт-Петербург, 24-26 ноября 1998 г.). – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 1998. – С. 160-167.
10. Коростылев Л.И. Практическая реализация экспериментально-теоретического метода расчетной оценки усталостной долговечности судовых конструкций // Зб. наук. праць УДМТУ. – Николаев: УГМТУ. – 1998. – № 3 (351). – С. 3-9.
11. Коростылев Л.И., Клименков С.Ю. Оценка усталостной прочности сварных узлов тонкостенных конструкций в многоциклової області // Методи розв'язування прикладних задач механіки деформічного твердого тіла: Зб. наук. праць ДНУ ім. О. Гончара. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. – 2010. – № 11 (352). – С. 152-159.
12. Филиппов В.Ю., Щурин К.В., Рассоха В.И. Влияние нестационарности факторов сопротивления усталости на долговечность сварных узлов транспортных средств // Вестник ОГУ. – Оренбург. – 2003. – № 2. – С. 140-144.
13. Филатов Э.Я., Павловский В.Э., Панфилов Ю.А. Накопление усталостных повреждений в связи с нижними уровнями напряжений эксплуатационных спектров // Проблемы прочности. – 1969. – № 1. – С.35-37.

14. Heuler P., Seeger T. *A criterion for omission of variable amplitude loading histories // International Journal of Fatigue.* – 1986. – Vol. 8. – Is. 4. – P. 225-230. – DOI: 10.1016/0142-1123(86)90025-3
15. Петинов С.В. *Основы инженерных расчетов усталости судовых конструкций / С.В. Петинов.* – Л.: Судостроение, 1990. – 224 с.
16. Гучинский Р.В., Петинов С.В. *Разработка узла конструкции судна по условию усталостной долговечности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.* – 2012. – № 159. – С. 177-186.
17. Petinov S.V. *Damage identity in fatigue assessment of structures / S.V. Petinov, R.V. Guchinsky, V.G. Sidorenko // Инженерно-строительный журнал.* – СПб., 2016. – № 1 (61). – С. 82-88.
18. Коростылёв Л.И., Литвиненко Д.Ю. *Оценка коэффициента концентрации напряжений в сварных узлах тонкостенных конструкций расчетом макро- и микроконцентрации // Наук. вісн. ХДМА.* – 2015. – № 2 (13). – С. 174-184.
19. Коростылёв Л.И., Литвиненко Д.Ю. *Анализ микрогеометрических параметров стыковых и угловых сварных швов конструктивных узлов // Зб. наук. праць НУК.* – 2015. – № 2 (458). – С. 28-34.
20. Mansour F. *Assessment of Reliability of Existing Ship Structures / F. Mansour, P. Wirsching, M. Luckett, et al. – Ship Structure Committee: Report SSC-398.* – Washington, 1997. – 420 p.

*Стаття надійшла до редакції 15.03.2017*

### **Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор кафедри Будівельної механіки та конструкцій корпусу корабля й корпусу корабля національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **Ю.М. Коробанов**

доктор технічних наук, професор кафедри Прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету ім. Петра Могили **Л.М. Дихта**

УДК 620:178.3

А.В. Коноплєв, О.Н. Кононова, А.Г. Кобаков

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ НОВЫХ И ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Предложен метод сравнительной оценки характеристик сопротивления усталости восстановленных деталей по отношению к новым. Показано, что эту оценку можно осуществлять на основе гипотезы о независимости коэффициента вариации долговечности до разрушения от уровня действующих напряжений.*

*Осуществлена экспериментальная проверка полученных зависимостей применительно к восстановленным коленчатым валам двигателей внутреннего сгорания.*

*Ключевые слова:* восстановление и ремонт, долговечность до разрушения, предел выносливости, кривая усталости.

*Запропонований метод порівняльної оцінки характеристик опору втоми відновлених деталей по відношенню до нових. Показано, що цю оцінку можна здійснювати на основі гіпотези про незалежність коефіцієнта варіації довговічності до руйнування від рівня діючої напруги.*

*Здійснена експериментальна перевірка отриманих залежностей стосовно відновлених колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання.*

*Ключові слова:* відновлення і ремонт, довговічність до руйнування, межа витривалості, крива втоми.

*The method of comparative estimation of descriptions of resistance of tiredness of the recovered details is offered in relation to new. It is shown that this estimation can be carried out on the basis of hypothesis about independence of coefficient of variation of longevity to destruction from the level of net voltages.*

*Experimental verification of the got dependences is carried out as it applies to the recovered crankshafts of combustion engines.*

*Keywords:* renewal and repair, longevity to destruction, limit of endurance, curve of tiredness.

**Введение.** В процессе эксплуатации транспортных средств их детали и элементы конструкций ухудшают или утрачивают свои функциональные свойства до такой степени, что дальнейшая их эксплуатация становится невозможной или экономически нецелесообразной. Это в первую очередь относится к деталям, которые подвержены в процессе работы действию переменных нагрузок (коленчатые валы двигателей и компрессоров, гребные валы судов, оси железнодорожных вагонов и др.). Восстановление такого рода деталей требует проведения ремонтных работ.

В настоящее время разработаны способы восстановления деталей, основанные на различных видах наплавки, напыления, а также с применением разного рода покрытий. Зачастую специалисту не просто сделать выбор, отдавая предпочтение тому или иному способу восстановления детали. Приходится учитывать технические и экономические факторы, находя компромиссное решение.

Восстановление функциональных свойств этих деталей до работоспособного состояния требует проведения комплекса технологических операций, включая также операцию проверки их несущей способности. Эту информацию получают на основе эксперимента, путём проведения испытаний образцов, моделей или непосредственно деталей на сопротивление усталости. При этом для выбора оптимального варианта восстановления эти испытания планируют как сравнительные (по отношению к базовому варианту или по отношению друг к другу).

Традиционное решение подобного рода задач заключается в определении значений пределов выносливости объектов, восстановленных различными способами с последующим их сравнением и выбором подходящего варианта. Ответить же на вопрос о том, какой из восстановленных объектов имеет большую долговечность сложнее, поскольку это сравнение должно быть привязано к конкретной нагрузке. При этом такая сравнительная оценка справедлива только для области ограниченной усталости.

**Цель статьи.** Для деталей машин и элементов конструкций, подвергшихся восстановлению, необходимо использовать методы, позволяющие оперативно проводить сравнительные испытания на сопротивление усталости. Поэтому целью работы является разработка метода, позволяющего ускоренно определять как предел выносливости, так и ограниченную долговечность, при соответствующем напряжении.

**Изложение основного материала.** Пусть кривая усталости описывается степенным уравнением, которое запишем в виде

$$\sigma^m N = \sigma_d^m = \sigma_R^m N_G = 10^C, \quad (1)$$

где  $\sigma$  и  $N$  – текущие значения напряжения и долговечности до разрушения соответственно;

$m$  и  $C$  – параметры наклонного участка кривой усталости;

$\sigma_d$  – начальная ордината кривой усталости;

$N_G$  – абсцисса точки перелома кривой усталости, представленной в координатах  $\lg N - \lg \sigma$ .

Рассмотрим схему возможного взаимного расположения кривых усталости новых и восстановленных объектов (без их конструктивной конкретизации и метода восстановления) в логарифмических координатах (рис. 1).

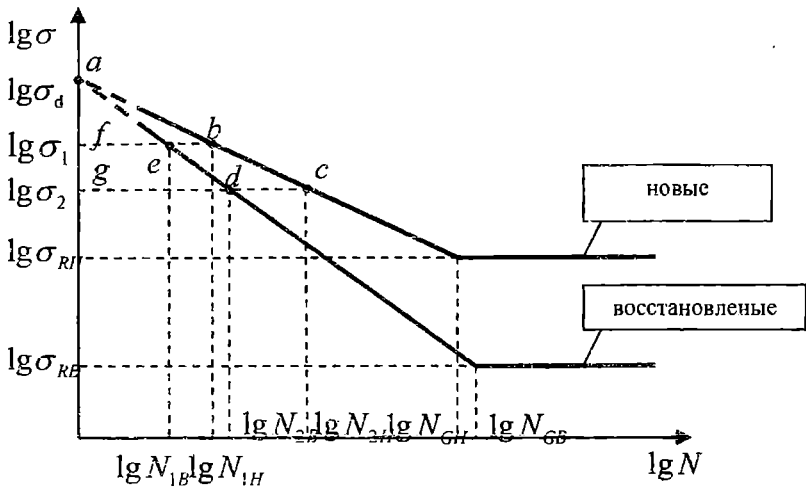


Рис. 1. Схема взаимного расположения кривых усталости новых и восстановленных объектов в координатах  $\lg \sigma - \lg N$

Из схемы следует, что треугольник  $abc$  подобен треугольнику  $acd$ , а треугольник  $aef$  подобен треугольнику  $adg$ . Это позволяет записать следующую пропорцию

$$\frac{eb}{dc} = \frac{fe}{gd} = \frac{eb}{fe} = \frac{dc}{gd} = \frac{\lg N_{1H} - \lg N_{1B}}{\lg N_{1B}} = \frac{\lg N_{2H} - \lg N_{2B}}{\lg N_{2B}} = \text{const} = k_\gamma. \quad (2)$$

где  $N_{1H}$ ,  $N_{2H}$ ,  $N_{1B}$  и  $N_{2B}$  – долговечности до разрушения, соответствующие новым и восстановленным объектам;

$k_\gamma$  – коэффициент относительной долговечности.

При построении схемы и выводе зависимости (2) было сделано допущение о том, что обе кривые пересекают ось ординат в одной точке с координатами  $(0; \lg \sigma_d)$ .

Возможность такого допущения рассматривалась в работе [1], в которой была представлена зависимость  $\lg \sigma_d = C/m = f(\sigma_R)$ , построенная с помощью связей между параметрами степенного уравнения кривой усталости и пределом выносливости  $m(\sigma_R)$  и  $C(\sigma_R)$  в диапазоне значений  $\sigma_R$  от 50 до 600 МПа (рис.2).

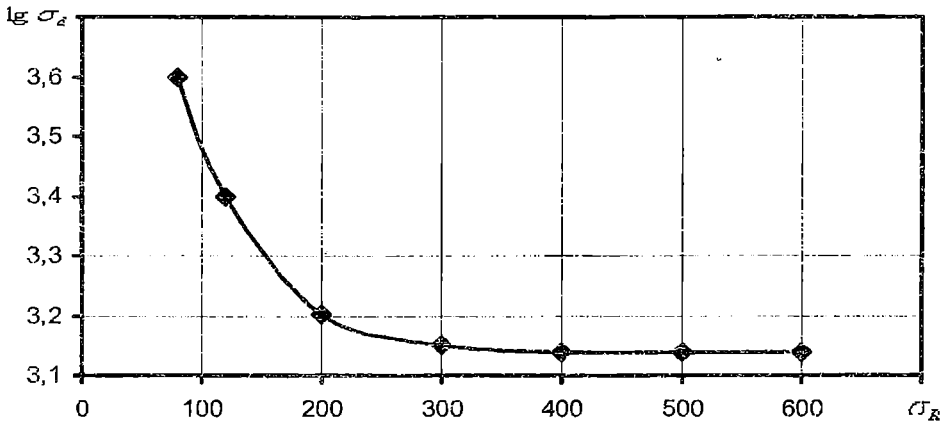


Рис. 2. Графік залежності  $\lg \sigma_d$  від  $\sigma_R$

Из графика видно, что величина  $\lg \sigma_d$  уменьшается с ростом предела выносливости  $\sigma_R$ , выходя на приблизительно постоянный уровень при значениях предела выносливости, начиная со значений  $\sigma_R$  превышающих 200 МПа. Но даже при значениях предела выносливости меньших этой величины, значение  $\lg \sigma_d$  изменяется весьма незначительно (в диапазоне значений 3,2-3,6).

Для вывода зависимостей, которые позволят осуществлять сравнительную оценку пределов выносливости и ограниченных долговечностей новых и восстановленных объектов, внесём некоторые изменения в схему, представленную на рис. 1. В частности, кривые усталости изобразим таким образом, чтобы их наклонные участки не имели общего диапазона напряжений (общий случай). Абсциссы точки перелома кривой усталости для новых и восстановленных объектов будем считать совпадающими и равными  $N_{GH}$ . Будем также полагать, что параметры кривой усталости для новых объектов  $m_H$  и  $C_H$ , а также предел выносливости  $\sigma_{RH}$  известны на основе результатов их испытаний.

Наклонный участок кривой усталости новых объектов продлим до пересечения с горизонтальным участком кривой усталости восстановленных объектов (рис. 3).

Запишем уравнение кривой усталости применительно к новым объектам в виде степенного уравнения

$$m_H \lg \sigma_{RH} + \lg N_{GH} = C_H. \quad (3)$$



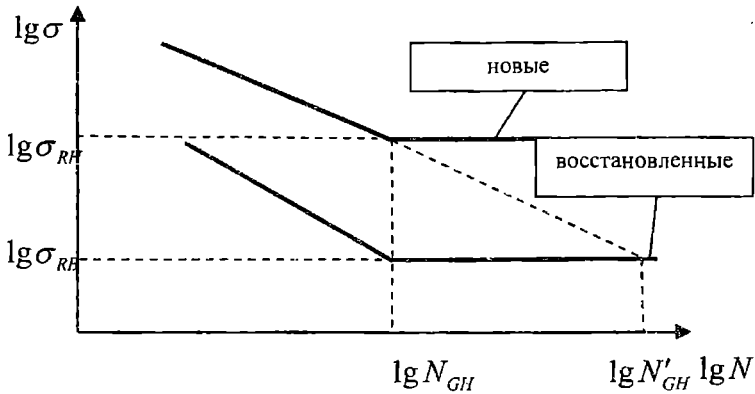


Рис. 3. Схема взаємного розположення кривих усталості нових і відреставрованих об'єктів, не маючих загального діапазона напружень на нахилному участку

Учитывая продлённый участок кривой усталости новых объектов (пунктирная линия на рис. 3), можно записать уравнение (3) в виде

$$m_H \lg \sigma_{RB} + \lg N'_{GH} = C_H, \quad (4)$$

где  $\sigma_{RB}$  – предел выносливости восстановленных объектов.

Применительно к схеме, представленной на рис. 3, запишем уравнение (1) в виде

$$\frac{\lg N'_{GH} - \lg N_{GH}}{\lg N_{GH}} = k_\gamma, \quad (5)$$

откуда

$$\lg N'_{GH} = \lg N_{GH} (k_\gamma + 1). \quad (6)$$

Решая совместно уравнения (4) и (6), получим зависимость для определения предела выносливости восстановленных объектов

$$\lg \sigma_{RB} = \frac{C_H - \lg N_{GH} (k_\gamma + 1)}{m_H}$$

или

$$\sigma_{RB} = 10^{\frac{C_H - \lg N_{GH}(k_\gamma + 1)}{m_H}} \quad (7)$$

Для экспериментальной проверки предложенной методики оценки относительной долговечности (по значению коэффициента  $k_\gamma$ ) и предела выносливости восстановленных деталей обратимся к опытным данным.

Ниже, в табл. 1 представлены экспериментальные значения пределов выносливости новых и восстановленных наплавкой коленчатых валов Д-54 [2]. В ней же приведены расчётные значения параметров  $m$  и  $C$  по методике, изложенной в работе [3]. В частности они определены по нижеприведенным формулам

Таблица 1

Испытуемые объекты	Предел выносливости $\sigma_R$ , МПа	Параметры наклонного участка кривой усталости, выраженного степенным уравнением	
		$m$	$C$
Коленчатые валы Д-54 (новые)	86	3,722	13,267
Коленчатые валы Д-54 (восстановленные)	78	3,506	12,685

$$m = 0,027\sigma_R + 1,4; \quad (8)$$

$$C = 0,997(m + 1) \lg \sigma_R + 4,0 + 0,5(2,5 - \lg \sigma_R)^2. \quad (9)$$

Значения логарифмов долговечностей, а также расчётные значения коэффициента относительной долговечности  $k_\gamma$  и пределы выносливости  $\sigma_{RB}$ , представлены в табл. 2. В ней же приведены величины погрешностей  $\delta_{k_\gamma}$  и  $\delta_{\sigma_R}$ .

Таблиця 2

$\sigma$ , МПа	100	120	140	160	180
$\lg N_H$	5,823	5,528	5,279	5,063	4,873
$\lg N_B$	5,673	5,395	5,161	4,957	4,778
$k_\gamma$	0,026	0,025	0,023	0,021	0,020
$\delta_{k_\gamma}$ , %	14,7	6,9	-0,4	-7,3	-13,9
$\sigma_{RB}$ , МПа	77,88	78,41	78,90	79,37	79,82
$\delta_{\sigma_R}$ , %	-0,2	0,5	1,2	1,8	2,3

Средний предел выносливости восстановленных коленчатых валов, определённый по зависимости (6), соответствующий среднему значению коэффициента относительной долговечности  $k_\gamma = 0,023$ , оказался равным 78,9 МПа.

Очевидно, что погрешности определения коэффициента относительной долговечности  $\delta_{k_\gamma}$  связаны с непостоянством ординаты  $\lg \sigma_d$  (см. рис. 2) и для их уменьшения необходимо провести дополнительное исследование и внести соответствующие поправки. Данный вопрос представляет собой самостоятельную задачу и в данной работе не рассматривается.

Как видно из таблицы 2, точность определения предела выносливости довольно высока, однако следует учитывать, что погрешности  $\delta_{\sigma_R}$  определены без учёта рассеяния долговечностей и представляют собой систематическую ошибку, которая также связана с непостоянством ординаты  $\lg \sigma_d$ .

### Выводы

1. Для оценки влияния технологии восстановления деталей, работающих в условиях износа и циклического нагружения, целесообразно определять коэффициент относительной долговечности  $k_\gamma$ , который стабилен во всём диапазоне напряжений многоциклового области. Благодаря инвариантности к уровню нагрузки его можно считать основной характеристикой сопротивления усталости объектов наряду с пределом выносливости. Определение этого коэффициента можно считать достаточным условием для сравнительной оценки новых и восстановленных объектов.

2. Разработанный метод сравнительной оценки относительной долговечности новых и восстановленных объектов позволяет также определять и предел выносливости. В данном случае это позволяет осуществлять двойной контроль качества восстановления изношенных деталей.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коноплёв А.В., Кобаков А.Г., Олейник В.Н. О коэффициенте вариации долговечностей до разрушения при построении кривых усталости в логарифмических координатах // *Тема: Науч.-техн. журнал.* – 1999. – № 5. – С. 65-72.
2. Крамаренко О.Ю., Балаковский О.Б. Методика ускоренной оценки рассеяния пределов выносливости // *Заводск. лаборатория.* – 1971. – № 3. – С. 343-350.
3. Олейник Н.В. *Выносливость деталей машин.* – К.: Техника, 1979. – 200 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2017

**Рецензент** – доктор технічних наук, доцент кафедри «Машинознавство» Одеського національного політехнічного університету **В.В. Іванов**

УДК 629.122/123

**АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СУДОВ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ**

Э.П. Лукаш, М.И. Партолога

*Работа посвящена анализу динамических характеристик судов смешанного плавания.*

*Рассматриваются особенности расчетного моделирования корпусов судов смешанного плавания при действии динамических нагрузок, обусловленных волновой вибрацией. Подчеркивается целесообразность использования уточненного расчетного анализа на базе балочной аппроксимации корпуса судна и реализации алгоритма Папковича П.Ф.*

*Ключевые слова: динамические волновые нагрузки, корпусные конструкции.*

*Робота присвячена аналізу динамічних характеристик суден змішаного плавання. Розглядаються особливості розрахункового моделювання корпусів суден змішаного плавання при дії динамічних навантажень, обумовлених хвильовою вібрацією.*

*Підкреслюється доцільність використання уточненого розрахункового аналізу на базі балочної апроксимації корпусу судна і реалізації алгоритму Папковича П.Ф.*

*Ключові слова: динамічні хвильові навантаження, корпусні конструкції.*

*Work is devoted analysis of the dynamic characteristics of mixed vessels.*

*It are considered the features of the computational modeling of the hulls of mixed vessels under the action of dynamic loads caused by wave vibration. The expediency of using the improved computational analysis based on the beam hull approximation and the implementation of Papkovich P.F. algorithm is emphasized.*

*Keywords: dynamic wave loads, hull structures.*

**Введение.** В настоящее время наблюдается относительный рост объемов усталостных повреждений корпусных конструкций, особенно скоростных судов и судов смешанного река-море плавания (СПП). Скоростные суда в период эксплуатации испытывают значительные ударные нагрузки, а сравнительно гибкие суда СПП подвержены действию дополнительных динамических изгибающих моментов, соизмеримых по величине с амплитудой квазистатических волновых моментов.

Приближение срока эксплуатации судов к предельному способствует повышению вероятности усталостных отказов конструкций, что

подчеркивает целесообразность разработки более совершенных методов расчетного анализа динамических параметров судовых конструкций [1].

На основе общепринятой модели балки Тимошенко решен ряд важных задач, связанных с оценкой и прогнозированием экстремальных и эксплуатационных волновых нагрузок на корпус судна, разработана общая схема учета динамической и квазистатической составляющих нагрузки [2-7].

При плавании на волнении корпус судна подвержен действию волновой нагрузки, которая вызывает его вертикальные колебания. Соответствующие инерционные нагрузки обуславливают появление дополнительных (резонансных) изгибающих моментов, достигающих значительной величины в том случае, когда собственная частота первого тона сравнительно гибкого СПП близка к кажущейся частоте волнения. Для морских судов эта ситуация не характерна, так как для более жестких судов резонансные явления возможны лишь на высокочастотном волнении с относительно низким энергетическим потенциалом.

Резонансные изгибающие моменты при общей вибрации корпуса можно получить путем интегрирования инерционной нагрузки

$$M_p(x) = \int_0^x \int_0^x q_i(x) dx^2. \quad (1)$$

Здесь  $q_i(x)$  – инерционная нагрузка, определяемая по формуле

$$q_i(x) = m(x) \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} \quad (2)$$

где  $m(x)$  – погонная масса судна с учетом присоединенной массы жидкости.

Таким образом, для определения резонансного момента необходимо:

- определить изменяющиеся во времени периодические нагрузки, действующие на корпус судна;
- определить упругие перемещения от этих нагрузок;
- определить интенсивность инерционных сил  $q_i(x)$ ;
- путем двукратного интегрирования по формуле (1) найти функцию резонансного момента.

Интенсивность вертикальной нагрузки при плавании на волнении определяется следующей формулой:

$$q(x,t) = r_0 \kappa [\gamma b(x) - k_d m(x) \omega_0^2] \cos(\nu x + \omega_i t), \quad (3)$$

Здесь  $0 \leq k_d \leq 1$  – коэффициент, зависящий от  $L/\lambda = \lambda_{отн}$ , который определяется формулой, полученной на основании обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов

$$k_d = 0,022 \lambda_{отн}^2 - 0,33 \lambda_{отн} + 1,58, \quad (4)$$

где  $\omega_i = \omega_0 + \nu V \cos \varphi$  – кажущаяся частота волнения;

$\nu = \omega_0^2 / g$  – частота форми волни;

$\tilde{n} = g / \omega_0 = 1,25 \sqrt{\lambda}$  – шкорусть распротранения прогрессивных волн;

$\omega_0 = \sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda}}$  – частота волни длиной  $\lambda$ ;

$\tau = 0,8\sqrt{\lambda}$  – период волни;

$\hat{e} = \frac{\sin[0,5\nu b(x)\sin\varphi]}{0,5\nu b(x)\sin\varphi}$  – коэффициент;

$r_0$  – амплитуда волни.

Упругие вертикальные перемещения корпуса судна можно представить в виде разложения в ряд по формам свободных колебаний

$$w(x,t) = \sum_i f_i(x)p_i(t) \quad (5)$$

Здесь формы свободных колебаний  $f_i(x)$  определяются из условий уравновешенности судна [4].

При оценке параметров волновой вибрации основной вклад в суммарную энергию колебаний дает первая форма, поэтому без особой потери точности ряд (5) можно ограничить первым членом ( $i=1$ ), и соответствующая обобщенная функция времени определится из дифференциального уравнения движения системы с одной степенью свободы

$$\ddot{p}(t) + 2\mu\dot{p}(t) + \sigma^2 p(t) = Q/M, \quad (6)$$

где  $\mu$  – коэффициент внутреннего сопротивления;

$\sigma$  – первая собственная частота колебаний судна;

$Q = \int_0^L q(x,t)f(x)dx$  – обобщенная нагрузка;

$M = \int_0^L m(x)f^2(x)dx$  – обобщенная масса судна.

Решение дифференциального уравнения (6) имеет вид

$$p(t) = p_0(t)\alpha_{\hat{A}} \sin(\omega t + \delta), \quad (7)$$

где  $\delta = \arctg \frac{2\mu\omega}{\sigma^2 - \omega^2}$ ,

$\alpha_{\hat{A}} = [(1 - z^2) + 4\mu^2 z^2]^{-2}$  – коэффициент динамичности;

$z = \omega / \sigma$  – отношение частот;

$p_0$  – обобщенное статическое перемещение системы.

Повидимому, для отыскания решения (6) необходимо решить задачу свободных колебаний судна. Для этого можно воспользоваться

известными приближенными энергетическими методами, либо уточненными методами типа МКЭ. Ниже приведен пример расчета свободных колебаний гибкого судна энергетическим методом.

### 1. Технические характеристики судна

Длина расчетная $L_{pp}$ , м	106
Ширина по КВЛВ, м	16,80
Осадка по КВЛ, м	7,00
Скорость хода при 90 %, МДМ, узл.	15,0
Весовое водоизмещение, т	9020
Момент инерции площади миделевого сечения корпуса судна относительно горизонтальной оси $I_y$ , м <sup>4</sup>	7,85

### 2. Расчет общей вибрации судна

Расчет общей вибрации судна включает определение параметров общих вертикальных колебаний корпуса судна для расчетных случаев нагрузки судна для минимального и максимального эксплуатационных случаев загрузки.

Расчет выполнен методом Папковича П.Ф. с учетом деформаций сдвига, инерции вращения сечений и присоединенной массы воды для расчетного варианта загрузки судна.

Таблица 1

*Итоговое распределение веса по длине судна*

Номера геор. шпаций	$X_n$ от миделя, м	$X_n$ от миделя, м	Масса, т		Погонная масса, т/м	
			вариант № 1	вариант № 1	загрузка вариант № 1	загрузка вариант № 1
1	53	47,7	200	200	37,74	37,74
2	47,7	42,4	250	250	47,17	47,17
3	42,4	37,1	250	250	47,17	47,17
4	37,1	31,8	300	300	56,60	56,60
5	31,8	26,5	320	320	60,38	60,38
6	26,5	21,2	600	600	113,21	113,21
7	21,2	15,9	650	650	122,64	122,64
8	15,9	10,6	650	650	122,64	122,64
9	10,6	5,3	650	650	122,64	122,64
10	5,3	0	650	650	122,64	122,64
11	0	-5,3	650	650	122,64	122,64
12	-5,3	-10,6	650	650	122,64	122,64
13	-10,6	-15,9	650	650	122,64	122,64
14	-15,9	-21,2	650	650	122,64	122,64
15	-21,2	-26,5	500	500	94,34	94,34
16	-26,5	-31,8	380	380	71,70	71,70
17	-31,8	-37,1	300	300	56,60	56,60
18	-37,1	-42,4	250	250	47,17	47,17
19	-42,4	-47,7	240	240	45,28	45,28
20	-47,7	-53	230	230	43,40	43,40



Для определения присоединенных масс жидкости при колебаниях по двум первым формам ( $i=1,2$ ) используем формулу Локквуд-Тейлора [6].

$$r_i = 0,5\pi\gamma k_i C_v b^2 \quad (8)$$

где  $\gamma = 1025 \text{ кг/м}^3$ ,  $C_v = (\lambda - \alpha)(\lambda - \alpha + 1) + 1$ ,  $\lambda = 2d/b$

$$\alpha = 1.5(1 + \lambda) - 0.5\sqrt{1 + 10\lambda + \lambda^2 - \frac{32\lambda\beta}{\pi}}$$

- $b$  – ширина судна в рассматриваемом сечении;
- $k_i$  – коэффициент, принятый по таблице 15 [4];
- $d$  – углубление рассматриваемого сечения.

Расчет выполнен в табличной форме для расчетного варианта загрузки судна.

Таблица 2

*Вычисление присоединенных масс жидкости*

Номер	$k^*\gamma$	$\beta$	$B$	$r$ (т/м)	$M=r*S$	$M^*n$	$S$	Сухой вес	Общий
1	0,75	0	4	0,00	0,00	0,00	5,30	37,74	37,74
2	0,75	0,83	12	22,41	118,77	237,55	5,30	47,17	69,58
3	0,75	0,83	16	39,84	211,15	633,46	5,30	47,17	87,01
4	0,75	0,87	16,8	46,04	244,01	976,06	5,30	56,60	102,64
5	0,75	0,95	16,8	50,27	266,45	1332,3	5,30	60,38	110,65
6	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	1649,2	5,30	113,21	165,07
7	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	1924,0	5,30	122,64	174,50
8	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	2198,9	5,30	122,64	174,50
9	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	2473,8	5,30	122,64	174,50
10	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	2748,6	5,30	122,64	174,50
11	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	3023,5	5,30	122,64	174,50
12	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	3298,4	5,30	122,64	174,50
13	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	3573,2	5,30	122,64	174,50
14	0,75	0,98	16,8	51,86	274,87	3848,1	5,30	122,64	174,50
15	0,75	0,95	16,8	50,27	266,45	3996,7	5,30	94,34	144,61
16	0,75	0,95	16,8	50,27	266,45	4263,2	5,30	71,70	121,97
17	0,75	0,95	16,8	50,27	266,45	4529,7	5,30	56,60	106,87
18	0,75	0,93	14	34,18	181,14	3260,5	5,30	47,17	81,35
19	0,75	0,89	12	24,03	127,36	2419,8	5,30	45,28	69,31
20	0,75	0	6	0,00	0,00	0,00	5,30	43,40	43,40

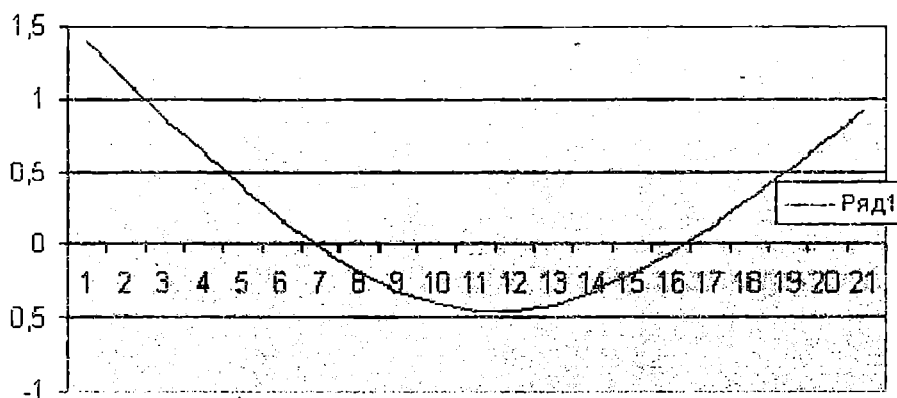


Рис. 1. Первая двухузловая форма колебаний  $f_1(\xi)$

Таблица 3

Вычисление фундаментальной функции  $\varphi_1(\xi)$

Теор. шп.	$\rho_1$	$\Gamma_1$	$\rho/\rho_0$	$20^*(x/L-0,5)$	$f_1(x/L)$	(3)*(4)	(3)*(5)	(6)*(4)	(7)*(4)	$\beta^*(4)$	$\square_1(\square)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,0	11,0
0,0	37,7	0,0	0,3	10,0	1,0	0,0	0,3	0,0	3,1	-0,1	1,1
1,0	47,2	22,4	0,6	9,0	0,8	5,1	0,4	46,0	3,9	-0,1	0,9
2,0	47,2	39,8	0,7	8,0	0,5	5,7	0,4	45,4	3,0	-0,1	0,6
3,0	56,6	46,0	0,8	7,0	0,3	5,9	0,3	41,0	1,8	-0,1	0,4
4,0	60,4	50,3	0,9	6,0	0,1	5,4	0,1	32,5	0,5	-0,1	0,2
5,0	113,2	51,9	1,3	5,0	-0,1	6,7	-0,1	33,7	-0,7	-0,1	0,0
6,0	122,6	51,9	1,4	4,0	-0,3	5,7	-0,4	22,8	-1,5	0,0	-0,1
7,0	122,6	51,9	1,4	3,0	-0,4	4,3	-0,6	12,8	-1,8	0,0	-0,3
8,0	122,6	51,9	1,4	2,0	-0,5	2,8	-0,7	5,7	-1,5	0,0	-0,4
9,0	122,6	51,9	1,4	1,0	-0,6	1,4	-0,8	1,4	-0,8	0,0	-0,4
10,0	122,6	51,9	1,4	0,0	-0,6	0,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	-0,4
11,0	122,6	51,9	1,4	-1,0	-0,6	-1,4	-0,8	1,4	0,8	0,0	-0,4
12,0	122,6	51,9	1,4	-2,0	-0,5	-2,8	-0,7	5,7	1,5	0,0	-0,3
13,0	122,6	51,9	1,4	-3,0	-0,4	-4,3	-0,6	12,8	1,8	0,0	-0,2
14,0	94,3	50,3	1,2	-4,0	-0,3	-4,7	-0,3	18,9	1,3	0,0	-0,1
15,0	71,7	50,3	1,0	-5,0	-0,1	-5,0	-0,1	24,9	0,5	0,1	0,1
16,0	56,6	50,3	0,9	-6,0	0,1	-5,2	0,1	31,4	-0,5	0,1	0,3
17,0	47,2	34,2	0,7	-7,0	0,3	-4,6	0,2	32,5	-1,5	0,1	0,6
18,0	45,3	24,0	0,6	-8,0	0,5	-4,5	0,3	36,2	-2,4	0,1	0,8
19,0	43,4	0,0	0,4	-9,0	0,8	-3,2	0,3	28,7	-2,4	0,1	1,0
20,0	37,7	0,0	0,3	-10,0	1,0	-3,1	0,3	30,8	-3,1	0,1	1,3
Суммы			21,0			4,1	-3,5		2,1	Alfa=	-0,6
Испр.сум			20,8			6,5	-3,6		3,6	Beta=	2,3

В таблице 4 вычислена частота свободных колебаний судна для расчетного варианта загрузки, в качестве исходной информации приняты безразмерные величины погонной суммарной массы, моментов инерции и площадей стенок сечений корпуса судна  $\rho/\rho_0 J/J_0 f/f_0$ , отнесенных к соответствующим значениям этих величин на миделе.

Расчет первой частоты колебаний судна

Геор шп.	$\rho/\rho_0$	$J/J_0$	$\varphi_1(\xi)$	$\varphi_1''$	$(1)^*(3)^2$	$(2)^*(4)^2$	$f/f_0$	$\varphi_1'(\xi)$	$(8)^2$	$(7)^*(9)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,3	0	1,1	0	0,36	0	0	-4,65	21,62	0,00
1	0,6	0,45	0,9	0,58	0,49	0	0,5	-4,64	21,53	10,76
2	0,7	0,7	0,6	2,12	0,25	3	0,6	-4,57	20,88	12,53
3	0,8	0,75	0,4	4,31	0,13	14	0,8	-4,42	19,54	15,63
4	0,9	0,8	0,2	6,95	0,04	39	0,9	-4,14	17,14	15,43
5	1,3	1	0	9,67	0,00	94	1	-3,71	13,76	13,76
6	1,4	1	-0,1	12,2	0,01	149	1	-3,16	9,99	9,99
7	1,4	1	-0,3	14,9	0,13	222	1	-2,49	6,20	6,20
8	1,4	1	-0,4	16,3	0,22	266	1	-1,72	2,96	2,96
9	1,4	1	-0,4	17,4	0,22	303	1	-0,87	0,76	0,76
10	1,4	1	-0,4	17,8	0,22	317	1	0	0,00	0,00
11	1,4	1	-0,4	17,4	0,22	303	1	0,87	0,76	0,76
12	1,4	1	-0,3	16,3	0,13	266	1	1,72	2,96	2,96
13	1,4	1	-0,2	14,9	0,06	222	1	2,49	6,20	6,20
14	1,2	1	-0,1	12,2	0,01	149	1	3,16	9,99	9,99
15	1	1	0,1	9,67	0,01	94	1	3,71	13,76	13,76
16	0,9	1	0,3	6,95	0,08	48	1	4,14	17,14	17,14
17	0,7	0,75	0,6	4,31	0,25	14	0,9	4,42	19,54	17,58
18	0,6	0,65	0,8	2,12	0,38	3	0,8	4,57	20,88	16,71
19	0,4	0,55	1	0,58	0,40	0	0,7	4,64	21,53	15,07
20	0,3	0	1,3	0	0,51	0	0,6	4,65	21,62	12,97
Суммы					4,13	2504			268,76	201,16
Испр.сум					3,88	2477			247,13	194,67
					$\sigma_0=$	10,59	рад/с	$k_1=$	0,048	
					$\sigma=$	10,34	с <sup>-1</sup>			

**Заключение.** Изложенный алгоритм оценки динамических характеристик может быть использован в качестве инструментария оперативного прогнозирования прочности судов смешанного плавания при действии волновых нагрузок.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. [Текст] / Г.В. Егоров, – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. Бельгова М.А. Изгибающие моменты для судов внутреннего плавания. – СПб.: Судостроение, 1966. – 206 с.
3. Давыдов В.В. Динамические расчеты прочности судовых конструкций. [Текст] / В.В. Давыдов, Н.В. Маттес. – СПб.: Судостроение, 1974. – 336 с.
4. Постнов В.А. Вибрация корабля: Учебник. [Текст]/ В.А. Постнов, В.С. Калинин, Д.М. Ростовцев. – СПб.: Судостроение, 1983. – 248 с.

5. Суслов С.В. Об учете динамических деформаций при определении волновых нагрузок на корпус судна [Текст] / С.В. Суслов, А.В. Чечель // 36. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2006. – № 3 (408). – С. 18-24.
6. Екимов В.В. Приложение методов теории вероятностей к проблеме общей прочности корабля. – СПб.: Труды НТО СП. – Т.7. – Вып.2. – 1957.
7. Ochi M. Prediction of slamming characteristics and hull responses for ship design / M. Ochi, L. Motter // Transactions of The Society of Naval Architects and Marine Engineers. – New York: Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1973. – № 81. – P. 144-76.

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2017*

**Рецензенти:**

кандидат технічних наук, професор Одеського національного морського університету **О.Б. Ляшенко**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету **В.В. Олейніков**

УДК 620.35

В.М. Мінаков

**ЗМІНИ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ  
У ЧЕРВ'ЯЧНІЙ ПЕРЕДАЧІ В ПРОЦЕСІ ЗНОШУВАННЯ**

*Запропоновано метод оцінки впливу зношування на динамічні навантаження в черв'ячній передачі. Метод заснований на визначенні коефіцієнта динамічного навантаження по експериментально знятому вібро-сигналом з датчика кутових переміщень, з'єданого з тихохідним валом передачі.*

*Ключові слова: черв'ячна передача, динамічні навантаження, зношування, вібро-сигнал, датчик кутових переміщень.*

*Предложен метод оценки влияния изнашивания на динамические нагрузки в червячной передаче. Метод основан на определении коэффициента динамической нагрузки по экспериментально снятому вибро-сигналу с датчика угловых перемещений, соединенного с тихоходным валом передачи.*

*Ключевые слова: червячная передача, динамические нагрузки, изнашивание, вибро-сигнал, датчик угловых перемещений.*

*A method for estimating the effect of wear on dynamic loads in a worm gear is proposed. The method is based on determining the coefficient of dynamic load on the experimental film according to vibration signals from the encoder, connected to a low speed shaft of the gearing.*

*Keywords: worm gear, dynamic loads, wear, vibration, encoder.*

Вступ. Як відомо, основною причиною виходу черв'ячної передачі (ЧП) з ладу є зношування зубів черв'ячного колеса.

У меншій мірі зношуються черв'як і підшипники. Тому прогнозування зміни навантажень в ЧП при зношуванні і прогнозування залишкового ресурсу дуже актуальні.

**Постановка проблеми.** В результаті неминучих похибок виготовлення і монтажу ЧП виникають додаткові збуджуючі сили, які через черв'ячне зачеплення викликають крутильні коливання тихохідного вала, які проявляються у вигляді нерівномірності його обертання [1].

Оскільки безпосереднє вимірювання сил в зачепленні ЧП пов'язано з деякими труднощами, були використанні непрямі визначення динамічних сил в зачепленні, заміряючи крутильні коливання тихохідного вала. Для цього використовували датчик кутових переміщень (ДКІП) типу ЛІР 158 В, який з'єднувався з тихохідним валом ЧП в складі електроприводу [2].

Оброблені в вигляді нерівномірності обертання тихохідного вала первинні показання датчика записувалися на ПК.

**Виклад основного матеріалу.** Фрагмент запису вібросигналів з ДУП в залежності від ступеня зношування показаний на рис. 1, а на рис. 2 представлені спектри цих сигналів в різних діапазонах частот. Слід зазначити, що амплітуда зубцевої гармонійної складової (в даному випадку 30-а гармоніка) зі збільшенням зносу спочатку зростає (10 %-й знос), а при значному зносі – падає (90 %-й знос), в той час як амплітуди на частотах, кратних зубцеву, у міру збільшення зносу ростуть.

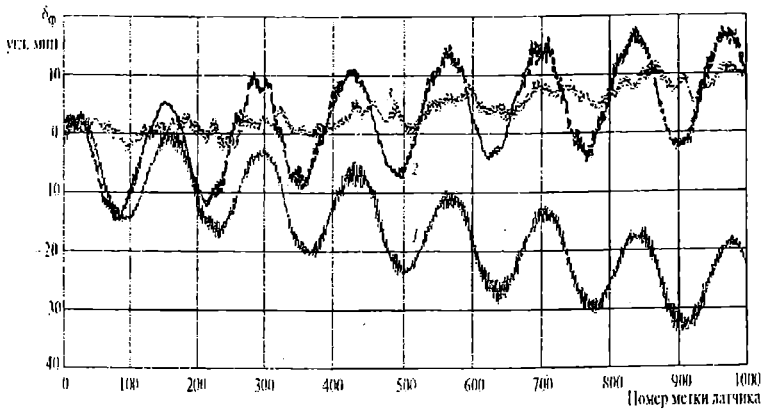


Рис. 1. Фрагмент запису вібросигналів з ДУП:  
1 – нова передача; 2 – зношена на 10 % передача;  
3 – зношена на 90 % передача

Для дослідження значимого вкладу гармонійних складових спектра коливання навантажень в зачепленні в динамічну складову цих навантажень, а також зміни їх в процесі зношування використовувалася динамічну модель приводу з ЧП, запропонована у роботі [3].

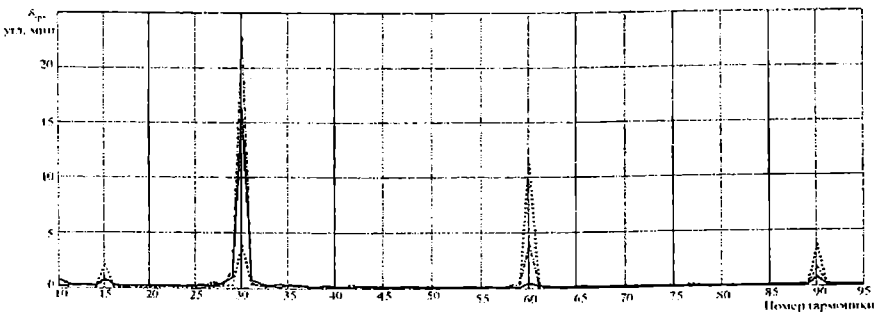


Рис. 2. Амплітудно-частотний спектр сигналу нерівномірності обертання тихохідного валу ЧП:  
---- – нова передача; - • - • - – зношена на 10% передача;  
..... – зношена на 90 % передача

Оскільки нас цікавить низький діапазон частот (до 300 Гц), можна використовувати таку динамічну модель ЧП, яка представлена у вигляді системи з зосередженими масами, що здійснює поперечно крутильні коливання.

Поперечні коливання черв'яка і черв'ячного колеса описуються в нерухомій системі координат XYZ. Центр координат розташований в полкусі теоретичного зачеплення. Вал черв'яка і черв'ячне колесо з тихохідним валом представлені у вигляді циліндрів, маси яких  $m_1$ ,  $m_2$  і моменти інерції  $I_1$ ,  $I_2$ . До вихідних валів передачі приєднані ротор електродвигуна і приводний вал навантаження з моментами інерції  $I_p$  і  $I_n$  відповідно. Пружні елементи моделі представлені в розрахунковій схемі безінерційними пружинами:

- при моделюванні жорсткостей підшипникових опор  $C_{x1}$ ,  $C_{y1}$ ,  $C_{z1}$ ,  $C_{x2}$ ,  $C_{y2}$ ,  $C_{z2}$ ;

- крутильної жорсткості валів  $C_{\phi 1}$  і  $C_{\phi 2}$  та жорсткості черв'ячного зачеплення  $C_3$ .

Поршні відображають дисипативні властивості елементів передачі, які характеризуються коефіцієнтами демпфірування  $k$ , індекси яких відповідають індексам коефіцієнтів жорсткості.

Прийнято, що вал електродвигуна, в порівнянні з тихохідним валом, обертається рівномірно, що було доведено в роботах [2; 3], і його кут закрутки визначається за формулою

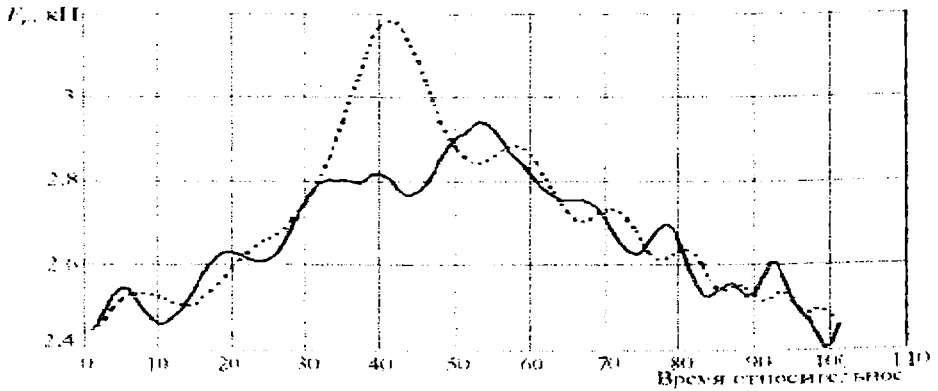
$$\phi_p = T_1 / C_{\phi 1}. \quad (1)$$

Автором статті [3] модель використовувалася для оцінки точності роботи ЧП і приводу в цілому, тобто визначення поточних кутів повороту вхідного і вихідного валів приводу –  $\phi_1(t)$  і  $\phi_n(t)$ . У даній статті вирішується зворотня задача, в якій вихідною є табульована експериментально отримана функція вібрації з ДУП  $\phi_n(t)$ , тобто нерівномірність обертання приводного вала, попередньо розкладена в ряд Фур'є. Результатом рішення є поточні переміщення елементів приводу, координати яких  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  і кути повороту  $\phi_1(t)$  і  $\phi_2(t)$ . Знаючи коефіцієнти жорсткості, можна визначити складові сил в зачепленні, а по ним – нормальну силу в зачепленні  $F_n$ .

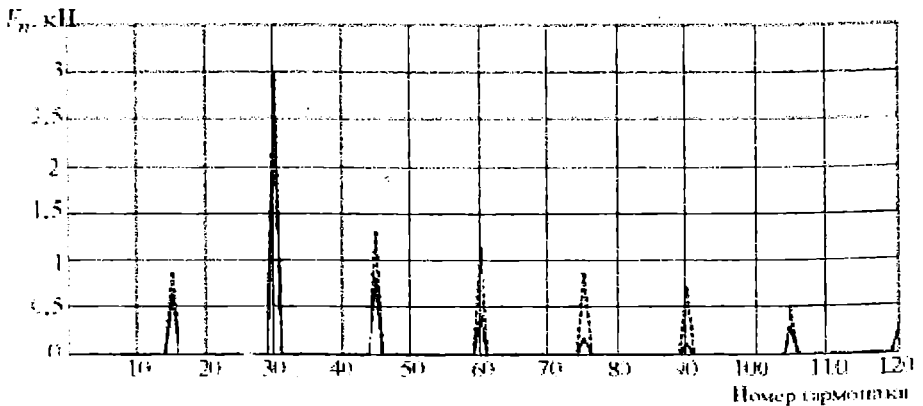
Модель громіздка, вимагає уточнення параметрів жорсткості і демпфірування по попередньо проведеному експерименту на конкретному приводі. Адекватність моделі визначалася порівнянням теоретичної і експериментальної амплітудно-частотної характеристик. Таку модель можна використовувати тільки як дослідницьку, а не діагностичну.

Криві нормальних сил в зачепленні для ЧП з різною величиною зносу показані на рис. 3, а їх амплітудно-частотний спектр на рис. 4. Як видно на рисунках, в спектрі зношеного редуктора з'явилися додаткові частоти, а амплітуда на зубцеву частоті (частоті переацеплення зубів ЧК)

практично не змінилася. Це дає підставу вважати, що зубцова частота не має значного впливу на динамічну складову навантаження, крім того, як вже зазначалося вище, у міру зношування амплітуда зубцевої гармоніки спочатку зростає, а при великих значеннях зносу (коли динамічні складові сил повинні рости) амплітуда зубцевої гармоніки навпаки падає.



*Рис. 3. Фрагмент нормальних сил в черв'ячному зачепленні  
нової та зношеної передачах:  
---- - нова ЧП; - зношена на 30 % ЧП*



*Рис. 4. Амплітудно-частотний спектр нормальних сил  
в зачепленні нової та зношеної ЧП*

Зміна коефіцієнта динамічності  $K_d$  в залежності від величини відносного зносу (відношення величини зносу до модуля  $h i / m$ ) показано на рис. 5. Як видно, на початку роботи значення  $K_d$  великі, але після підробітки стають рівним  $K_d = 1,1 \dots 1,3$ , що відповідає рекомендованим в літературі. З ростом величини зносу черв'ячного зачеплення значення  $K_d$  знову збільшуються і перевищують рекомендовані значення в 2,5 і більше разів.



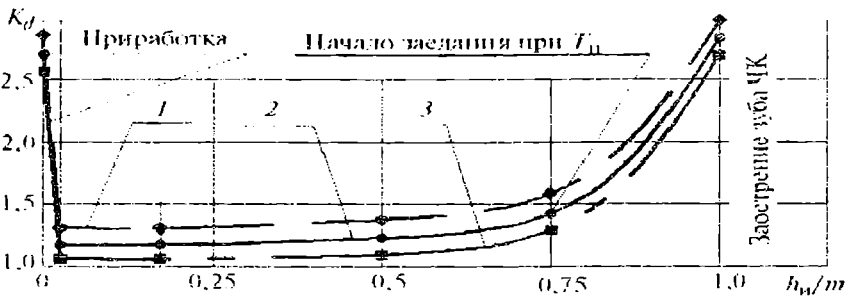


Рис. 5. Експериментальні криві коефіцієнта динамічного навантаження ЧП в залежності від величини відносного зносу:

- 1 – максимальні значення з 90 %-ого довірчого інтервалу;
- 2 – математичне очікування; 3 – мінімальні значення

**Висновок.** В експерименті при зносі приблизно рівним 0,75 м спостерігалось нестабільне обертання тихохідного вала передачі і навіть його зупинка під номінальним навантаженням. При зниженні навантаження тихохідний вал продовжував нормально обертатися. Після розбирання передачі на витках черв'яка були видні сліди бронзи. Це говорить про «холодне» заїдання при перевантаженні, яке супроводжується падінням ККД, зростанням температури і інтенсивним зношуванням зачеплення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Штриплинг Л.О., Андриенко Л.А. Расчет кинематической погрешности цилиндрической зубчатой передачи // Изв. вузов Машиностроение. – 1998. – № 1-3. – С. 43-51.
2. Андриенко Л.А., Вязников В.А., Чепелюк Р.С. Диагностика изнашивания червячных передач // Актуальные задачи машиноведения, деталей машин и триботехники: Тез. докл. междунар. науч. техн. конф. – СПб., 2010. – С. 228-231.
3. Аккерман В.В. Динамическая модель следящего привода на основе червячного редуктора // Межвуз. сб. трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. – Омск, СибАДИ, 2004. – Вып. 1. – Ч. 1. – 276 с.
4. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.
5. Расчеты на прочность в машиностроении / С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др.: В 3т. – М.: Машгиз, 1958. – Т.2. – 974 с.

6. Литвин Ф.Л. Новые виды цилиндрических червячных передач. – М.- Л.: Машигиз, 1962. – 102 с.
7. Ворончихин М.А., Крапивина Г.И. К построению новых типов червячных передач с цилиндрическим червяком // Межвуз. сб. научн. тр. – Хабаровск: Хабар. политехн. ин-т. – 1979. – С.114-129.
8. Бронштейн И.Я., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗОВ. – М.: Наука, 1965. – 608 с.

*Стаття надійшла до редакції 24.03.2017*

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету **А.В. Конопльов**

кандидат технічних наук, доцент Одеського державного екологічного університету **С.М. Юрасов**

УДК 624.154

К.Ю. Федорова

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СПОРУД  
ЗА РАХУНОК ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ**

*В статтє рассматриваются вопросы энергоэффективности при строительстве новых сооружений и жилых зданий, а также методы энергоэффективной реконструкции и модернизации существующего жилого фонда. Предложены мероприятия, позволяющие максимально уменьшить потери тепла в эксплуатируемых домах.*

*Ключевые слова: энергоэффективность, учет, теплозащита, система отопления.*

*У статті розглядаються питання енергоефективності при будівництві нових споруд та житлових будинків, а також методи енергоефективної реконструкції та модернізації існуючого житлового фонду. Запропоновано заходи, які дозволяють максимально зменшити втрати тепла в експлуатованих будинках.*

*Ключові слова: енергоефективність, облік, теплозахист, система опалення.*

*The article deals with the issues of energy efficiency in the construction of new buildings and residential buildings, as well as methods for energy-efficient reconstruction and modernization of the existing housing stock. Proposed measures to minimize heat losses in operated homes.*

*Keywords: energy efficiency, Accounting, teplozaschyta, heating system.*

Сьогодні економія енергоресурсів є важливим завданням не тільки України, але й усього світу. Особливу увагу приділяється підвищенню енергоефективності при будівництві споруд. Тут використовуються новітні технології, які покращують якість житлових умов, відповідають запитам сучасної людини за суворої економії енергоресурсів.

Для вирішення житлової проблеми в Україні необхідно не лише будувати нові споруди, але й правильно експлуатувати житлові будинки, збудовані до 2000 року.

Житлові будинки масовий типових серій будівництва до 2000 року відрізняються відносно низькими показниками теплозахисту, надлишковою інфільтрацією зовнішнього повітря, і як наслідок, збільшеними витратами теплової енергії на його нагрів, а також низькою ефективністю регулювання опалення.

На даний час гостро стоїть питання реконструкції житлового фонду. Тема модернізації панельних будинків в Україні, де зведені індустрі-

альним методом будинки становлять до 70 % фонду нерухомості, має виняткове значення. У містах України чекають реконструкції тисячі побудованих за радянських часів житлових кварталів.

Особливою проблемою є масова забудова панельними, блоковими й цегляними житловими будинками за типовими проектами першого покоління, побудованих у період 1950-1960 рр., в яких розміщується 10 відсотків всього житлового фонду і в ньому проживає понад 3 млн. осіб.

Типові п'ятиповерхівки проектувалися і будувалися за нормативами півстолітньої давності із застосуванням неефективних теплоізоляційних матеріалів, теплотехнічні характеристики їх огорожень не відповідають сучасним вимогам. Необхідно зазначити їх моральний знос – планувальні рішення, зовнішній вигляд будівель, експлуатаційні характеристики з тепло-, гідро- й шумоізоляції не відповідають сучасним нормативним вимогам і споживчим якостям.

Порушення нормативних термінів періодичності капітального ремонту та реконструкції, порушення теплотехнічних норм призвело до того, що питомі витрати палива у житловій сфері досягли 87-89 кг умовного палива на 1 кв. м. загальної площі на рік, що у 3,5 рази більше, ніж у Норвегії та Канаді з аналогічними кліматичними умовами. І якщо 30 % енергоресурсів пов'язані з невиробничими втратами в установках генерації, транспортуванням і розподілом енергії, то решта 70 % втрат відбувається безпосередньо при споживанні у житлових будинках. Тому за необхідної сьогодні класифікації енергетичної ефективності будівель за значенням питомих енерговитрат на опалення необхідний облік головного споживача теплової енергії – згаданого вище фонду придатних до подальшої експлуатації будівель, побудованих раніше з мінімально допустимим рівнем теплозахисту.

Змінити ситуацію можна за рахунок заходів з утеплення будівель, які здатні забезпечити за розумних витрат економію у розмірі 35-60 % від нинішнього рівня споживання. Відсутність адекватних витрат на капітальний ремонт, відсутність націленості капітальних ремонтів на економію енергетичних витрат блокують реалізацію цього потенціалу. Важливо відзначити, що не менше 60 % ефекту на житлових будинках можна отримати на системах колективного користування і 40 % – за рахунок реалізації заходів у квартирах.

При проведенні і після закінчення реконструктивних робіт потрібна була модернізація інженерного обладнання. Це безпосередньо пов'язано з організаційною схемою здійснення реконструкції або капітального ремонту.

Таким чином, енергоефективна реконструкція й модернізація існуючого житлового фонду є одним з найважливіших напрямів у вирішенні житлової проблеми і проблеми енергозбереження в Україні та являє собою комплекс будівельних та організаційно-технологічних заходів, спрямованих на оновлення житлових будинків та інженерної інфра-

структури з метою збереження й збільшення житлового фонду та поліпшення умов проживання, приведення їх експлуатаційних якостей у відповідність до сучасних вимог.

Реконструкція та модернізація існуючого житлового фонду та, у першу чергу, житлових будинків перших масових серій, забезпечить зниження обсягів вибуття житла по старості, зниження витрат споживання і втрат енергоресурсів, підвищення безпеки проживання і комфорту, архі-тектурної якості забудови. Реконструкція підвищить стандарт споживчої якості житла на вторинному ринку і прискорить приватизацію, зробить більш плавним процес просування житлової комунальної реформи, коли зниження витрат за розрахунками за комунальні послуги компенсує підвищення тарифів за

Зарубіжний досвід реконструкції та модернізації малоповерхових житлових будинків, виконаних зі збірних конструкцій, використовує різні технічні рішення, що сприяють доведенню житлового фонду до необхідного рівня комфортності проживання, підвищення експлуатаційної надійності як будівельних, так і інженерних систем, спрямованих на зниження тепловтрат, витрати холодної і гарячої води, управління мікрокліматом приміщень у різні сезони року.

Найбільш характерними прийомами й технологіями з реконструкції, модернізації та санації житлових будинків користуються скандинавські країни (Фінляндія, Швеція), країни центральної Європи (Німеччина, Франція) з урахуванням кліматичних умов експлуатації будівель. Значний досвід реконструкції великопанельних житлових будівель є у Німеччині. Залежно від характеру забудови використовують різні технологічні схеми підвищення експлуатаційної надійності будівель.

Масовою технологією є санація будівель, заснована на заміні віконних та балконних заповнень, інженерного обладнання, ремонті балконних елементів і пристроїв спеціальних огорожень, ремонті приміщень без відселення мешканців, утепленні фасадних поверхонь, горищних і підвальних перекриттів, відновленні покрівель.

Одним із важливих етапів санації є зниження тепловтрат за рахунок виключення вентиляційного ефекту під'їздів і сходових кліток шляхом влаштування спеціальних вхідних тамбурів, утеплення зовнішніх поверхонь панелей сходових клітин, заміни на більш енергоефективні дверних заповнень.

Використання універсальних вискоєфективних технологій дозволило у короткі терміни здійснити санацію житлового фонду Східної Німеччини.

Основною проблемою житлових будинків з частково виробленим ресурсом експлуатації є низька енерго- і ресурсоефективність і екологічність, зумовлені зносом елементів конструкції будівель за час експлуатації без відновлювальних ремонтів.

При реконструкції поліпшуються експлуатаційні характеристики

житлових будинків. Найважливішою з таких характеристик є теплова ефективність будівлі, що визначається середньою річною витратою палива для опалення та гарячого водопостачання одного квадратного метра загальної площі.

Енергоспоживання будівель залежить від рівня теплозахисних якостей зовнішніх огороджувальних конструкцій, об'ємно-планувального рішення, системи вентиляції та оснащення інженерним обладнанням. Є важливі особливості енергозбереження у будинках старої споруди, пов'язані з тим, що низький рівень теплозахисту огороджувальних конструкцій є основною причиною порушення комфортності й перевитрати енергії на опалення будівлі.

Роль теплозахисних якостей зовнішніх огороджувальних конструкцій в енергетичному балансі будівлі при експлуатації, як правило, постійна за часом.

Роль же опалювальної, вентиляційної систем, контрольної та регулювальної апаратури за відпуском тепла, а також теплообмінників, які відбирають тепло від забрудненого повітря, що викидається в атмосферу, змінна. Вона може суттєво знижуватися в результаті природного зносу і безгосподарності і, навпаки, підвищуватися при заміні на більш досконали систему та поліпшення культури технічної експлуатації.

Трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції в середньому складають всього приблизно 1/4 від сумарних енерговитрат на функціонування будівлі. Тому навряд чи виправдана основна увага підвищенню теплозахисту огорожень, особливо не світлопрозорих, оскільки за такої структури енергетичного балансу збільшення опору теплопередачі навіть удвічі (!) призведе до скорочення загального енергоспоживання всього на 12,5 %. У той же час набагато більше місця (близько половини) в енергетичному балансі старих будівель займають витрати на підігрів повітря, головним чином у системах природної або механічної вентиляції.

Разом з тим, якщо підходити коректніше до проблеми енергозбереження, то необхідний рівень теплозахисних якостей утеплених зовнішніх стін незалежно для одних і тих самих будівель можна було б прийняти різним. Але це залежить від того, наскільки доцільна заміна підвищених тепловтрат або навпаки енергозберігаючого ефекту від зовнішніх стін на енергозберігаючий ефект від інших зовнішніх конструкцій будівлі або на ефект від поліпшення експлуатаційного режиму. Основні труднощі реалізації такого підходу пов'язані з тим, що зміна теплозахисних якостей зовнішніх стін тягне за собою й зміну їх температурно-вологісного режиму, міцності, довговічності, а також ускладнення в конструюванні огорож.

З огляду на високий ступінь зносу дерев'яних вікон у реконструйованих будинках необхідно реалізувати енергозберігаючий потенціал (до 30 %) нових конструкцій енергоефективних вікон, які є високорентабельним (понад 20 %) технічним рішенням поряд з утепленням зовнішніх стін старих будівель.

Таким чином, економія теплової енергії при впровадженні енергозберігаючих заходів може досягти по домівках перших типових серій, які підлягають реконструкції, у середньому 59 %, у тому числі:

- 25 % – за рахунок підвищення теплозахисту зовнішніх стін та горищних перекриттів у холодних горищах;
- 10 % – за рахунок підвищення теплозахисту вікон;
- 6 % – за рахунок скорочення надлишкового повітрообміну у квартирах;
- 18 % – за рахунок пристрою автоматизованого вузла управління системою опалення та установки термостатів на опалювальних приладах.

Разом з усім цим необхідно зазначити, що не існує одного чарівного засобу, що дозволяє різко підвищити енергоефективність та комфорт багатоквартирного будинку. Тут діють два основних принципи: «всього потроху» і доцільність, пов'язана з окупністю. В цілому цілком реально у 4 рази знизити витрати на енергозабезпечення всієї будівлі і відповідні витрати всіх проживаючих в будинку жителів.

Якщо будинок міцний і стояти йому ще не один десяток років, то ця робота безсумнівно має сенс. Витрати з лишком окупаються, та й комфорт багато чого вартий. Якщо будинок знаходиться у передаварійному стані і жити йому залишилося років десять, то тут, як то кажуть, краще пошукати варіанти і обійтися малими витратами на підтримку комфорту й забезпечення обліку енергоресурсів. Облік у будь-якому випадку швидко окупається, а отриману економію можна витратити на «затикання дірок».

**Висновки.** Короткий перелік заходів з підвищення енергоефективності наступний:

1. Підвищення теплового опору огорожувальних конструкцій.
2. Підвищення енергоефективності системи опалення.
3. Підвищення якості вентиляції. Зниження витрат на вентиляцію та кондиціювання.
4. Економія води (гарячої та холодної).
5. Економія електричної енергії.
6. Економія газу.

Для виконання усіх вимог з підвищення енергоефективності слід провести наступні енергозберігаючі заходи:

- утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків;
- утеплення сумішених покрівель або горищних перекриттів;
- заміну віконних та балконних блоків на енергоефективні менш повітряпроникні;
- оскління лоджій та балконів;

- застосування автоматизованих вузлів управління тепло споживанням будинків та опалення;
- індивідуальне регулювання тепловіддачі кожного опалювального пристрою за допомогою термостатів;
- встановлення автоматичних балансирних клапанів на стояках та гілках системи опалення.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Табунициков Ю.А. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю.А. Табунициков и др. – АВОК № 5/2009.
2. Ливчак В.И. Экспресс-энергоаудит теплопотребления жилых зданий: особенности проведения / В.И. Ливчак, Ю.А. Табунициков // Энергосбережение. – 2009. – № 2.
3. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
4. VEEN, Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock. Прибалтийская сеть энергоснабжения в жилищном фонде. Результаты проекта VEEN с подробными выводами и рекомендациями. – Берлин, 2007.

Стаття надійшла до редакції 20. 03.2017

#### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, академік УО МАНЕБ, завідувач лабораторії ІКГС ГП «ЧорноморНДПроект» **М.Б. Пойзнер**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету **М.В. Адамчук**



УДК 59.004.5

А.И. Кныш, А.В. Беспалова, О.П. Дашковская, О.А. Файзулина

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

*В статье описывается стратегия организации использования в соответствии с их уровнем их технического состояния (ТС), изменяющегося по мере старения машин и управляемого методами технической эксплуатации (ТЭ), основанными на индивидуальном подходе к каждой единице техники. Индивидуальный подход базируется на моделировании процессов изменения ТС по времени, оптимизации сроков службы машин.*

*Ключевые слова: подъемно-транспортные машины, технический сервис, техническая эксплуатация, моделирование технического состояния, ресурс эксплуатации.*

*У статті описується стратегія організації використання підйомно-транспортних машин відповідно до рівня їх технічного стану (ТС), що змінюється в міру старіння машини і керуваної методами технічної експлуатації (ТЕ), заснованими на індивідуальному підході до кожної одиниці техніки. Індивідуальний підхід базується на моделюванні процесів зміни ТС за часом та оптимізації строків служби машин.*

*Ключові слова: підйомно-транспортні машини, технічний сервіс, технічна експлуатація, моделювання технічного стану, ресурс експлуатації.*

*The article describes the strategy of the use of lifting and transport machines in accordance with their level of their technical status (TS), changing as the aging of the machine and the managed methods of technical operation (TO), based on an individual approach to each unit of the technology. Individual approach is based on the modeling of the processes of TS on time, optimization of service machines.*

*Keywords: hoisting-and-transport cars, technical service, technical operation, modeling of technical condition, operation resource.*

**Введение.** Оптимальное управление эксплуатацией парка машин предусматривает его использование с учетом внешних условий применения, технического состояния (ТС), возможностей эксплуатационного предприятия проводить необходимый комплекс мероприятий по обеспечению работоспособности машин. Анализ теории и практики технической эксплуатации (ТЭ) подъемно-транспортных машин показывает, что развитие методов обеспечения работоспособности происходит в направлении совершенствования профилактической стратегии с контролем характеристик технического состояния, изменяющихся под воздействием

внешних факторов. Благодаря такой стратегии система технической эксплуатации (СТЭ) *адаптируется* к конкретным условиям с целью получения максимальной эффективности от использования парка машин. Развитию методологии формирования адаптивной системы управления технической эксплуатацией подъемно-транспортных машин посвящена данная статья.

**Цели и задачи.** Эффективность любой системы определяется соотношением результата от ее применения и затрат на ее эксплуатацию. Показателем эффективности применения подъемно-транспортных машин может служить прибыль от их использования. Задачей оптимального использования техники является получение максимальной прибыли. Реализация итоговой прибыли от эксплуатации техники в виде функции времени определяется выражением

$$\Pi(t) = B(t) - Z(t) - Y(t) \rightarrow \Pi_{\max}, \quad (1)$$

где  $B(t)$ ,  $Z(t)$  – соответственно выручка и расходы от производственной деятельности за расчетный период;

$Y(t)$  – величина ущерба, вызванная срывом нормального хода производственного процесса;

$t$  – возраст эксплуатируемого оборудования.

Хотя модель (1) представлена в детерминированном виде, в действительности неопределённость условий эксплуатации обуславливает стохастический характер ее составляющих.

Основной доход предприятие по эксплуатации подъемно-транспортных машин (ПТМ) получает за счет оказания услуг по предоставлению машин организациям. Величина выручки определяется суммой произведения оплачиваемой наработки  $T_i(t)$  каждой машины за расчетный период на цену машино-часа  $C_{им-ч}$ , т.е. суммой выручки  $B_i(t)$  от эксплуатации отдельных машин

$$B(t) = \sum B_i(t) = \sum T_i(t) \times C_{им-ч}. \quad (2)$$

В случае, если ПЭСМ само подряжается на производство строительных работ, его выручка будет связана с производительностью машины  $Q(t)$ , ценой единицы продукции  $c_s$  и наработкой  $T(t)$

$$B(t) = \sum Q_s(t) \times c_s \times T_i(t) \times k_{ин}, \quad (3)$$

где  $k_{ин}$  – коэффициент использования потенциала машины (рабочего времени, мощности, грузоподъемности и т.п.).

Затраты имеют весьма сложную структуру. В упрощенном виде состав затрат, приходящихся на  $i$ -тую машину, можно представить выражением

$$Z(t) = \sum Z_i(t) = \sum \{A_i(t) + Z_i + Z_{пэб} + Z_{вс} + H_i + Z_{пр}\} + [Z_{гсм}(t) + Z_{тор}(t)], \quad (4)$$

где  $A_i(t)$  – амортизационные отчисления;

$Z_i$  – зарплата машинистов;

$Z_{пэб}$  – затраты на содержание производственно-эксплуатационной базы;

$Z_{вс}$  – отчисления в вышестоящую организацию, учредителям и т.п.;

$H_i$  – налоги;

$Z_{пр}$  – прочие отчисления (на страховки, банковские проценты по кредитам, лизинговые платежи, разрешения, техосмотры и пр.);

$Z_{гсм}(t)$  – затраты на горюче-смазочные материалы и рабочие жидкости;

$Z_{тор}(t)$  – затраты на технические обслуживания и ремонты, в том числе на запчасти и быстроизнашивающиеся части (БИЧ).

Первое слагаемое выражения (4) в квадратных скобках экономисты рассматривают как условно-постоянные затраты, не зависящие от количества выпущенной продукции (отработанных машино-часов) за расчетный период (но это не значит, что  $Z_{пост}(t)$  не зависят от среднего возраста парка машин). Второе слагаемое в квадратных скобках – переменные затраты, возрастающие пропорционально объему продукции.

Ущерб можно представить, как сопутствующие потери, сопровождающие простои машин из-за отказов. Если отказ возникает вследствие плановых технических воздействий, то ущерб, как правило, не возникает, т.к. система заранее подготавливается к простоям части оборудования. Внезапные же отказы сопровождаются простоем не только отказавшей машины, но и ресурсов, технологически связанных с данной машиной. Последствием отказов может быть также снижение качества продукции, ущерб в социальной, экологической и др. сферах. Большинство проявлений ущерба обычно можно оценить экономически, причем величина ущерба пропорциональна времени простоя оборудования

$$Y(t) = \sum Y_i(t) = \sum y_i \times T_{пр}(t), \quad (5)$$

где  $y_i$  – величина ущерба в единицу времени.

В общем случае  $y$  может быть функцией  $T_{пр}$ . Т. к. продолжительность простоев связана с интенсивностью отказов и временем восста-

новления, то ущерб, можно рассматривать как комплексный показатель надежности, характеризующий две ее составляющих – безотказность и ремонтпригодность. Т. о., модель (1) связывает технические, экономические и надежность характеристики машины. Кроме того, величина ущерба зависит от характера выполняемой работы. Значит, данный подход позволяет ответить на вопрос – каков будет оптимальный уровень надежности машины для конкретного производственного задания, в зависимости от возможных экономических потерь или событий, оцениваемых в экономическом эквиваленте, вследствие внезапного отказа.

Задачу управления эффективностью применения ПТМ можно разбить на три подзадачи:

- определение оптимального уровня надежности машины с точки зрения получения максимальной прибыли;
- обеспечение оптимального уровня надежности машин средствами (ТЭ);
- использование машин в соответствии с их уровнем надежности.

**Модель оптимального уровня надежности машин.** Уровень ТС машин определяется с одной стороны законодательством, нормативами (безопасности, экологичности, эргономики, эстетики и прочими), с другой стороны технико-экономическими соображениями (производительностью, экономичностью, рентабельностью, материал- и энергоемкостью конкурентоспособностью, и др.). Рассматривая технико-экономический аспект, можно подойти к оптимизации надежности машины с двух точек зрения: соотношения между затратами ресурсов на повышение надежности и ущербом, связанным с внезапными отказами (рис. 1); получения максимальной прибыли (рис. 2).

Затраты на повышение надежности машины формируются на стадиях приобретения, обеспечения работоспособности (ТОиР, КР, резервирование).

Для практического использования моделей оптимальной надежности машин следует установить законы динамики показателей (надежности, выручки, прибыли, затрат и возможного ущерба) от срока службы, влияния надежности на экономические показатели, и, наконец, обосновать, какие показатели надежности применять и как на них воздействовать методами технической эксплуатации.

**Модель формирования показателей надежности и эксплуатации парка машин.** Согласно с формулами (1) и (2) источником прибыли парка машин является наработка.

Процесс формирования наработки парка машин, как результата и источника эффективности деятельности ПЭСМ, определяется периодами времени пребывания машин в различных состояниях (рис. 3), варьирование сочетанием которых позволяет вывести показатели использования парка машин (рис. 4). Буква «*h*» в скобках указывает на зависимость показателей от срока службы машины.

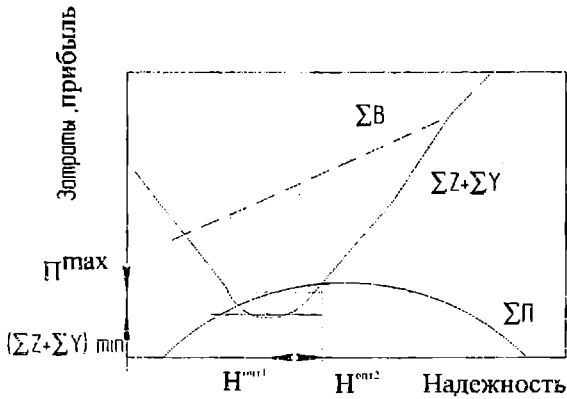


Рис. 1. Схема определения оптимальной надежности технической системы по минимуму суммы затрат  $\sum Z_i$  на обеспечение надежности и ущерба  $\sum Y$

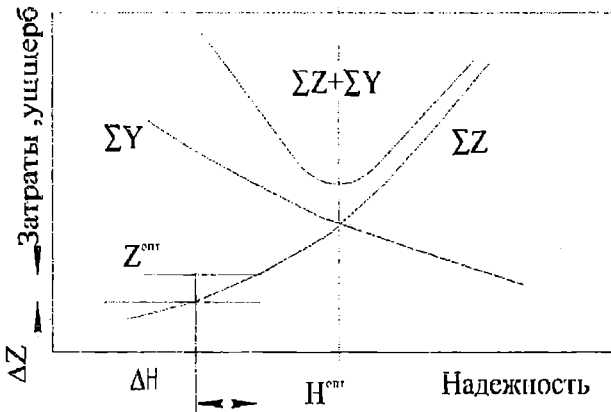
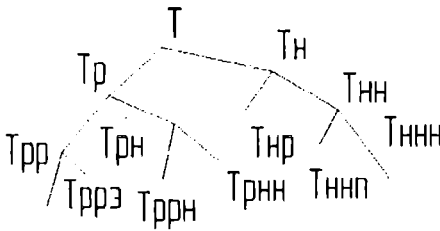


Рис. 2. Процесс определения оптимальной надежности технической системы:

$\Sigma B, \Sigma П, \Sigma Z, \Sigma Y$  – накопленные выручка, прибыль, затраты и ущерб от эксплуатации технической системы;  
 $H_{\text{opt}}, Z_{\text{opt}}$  – оптимальные значения уровня надежности машины и затрат на его обеспечение соответственно по условию минимума суммы ущерба и затрат;  
 $H_{\text{2opt}}, Z_{\text{2opt}}$  – то же по условию максимума прибыли

Периоды времени  
Р-рабочего Н-нерабочего  
Р-работоспособного состояния,  
Н-неработоспособного



Э-эксплуатируется, П-плановые простои,  
Н-не эксплуатируется Н-неплановые простои

Рис. 3. Граф возможных состояний машины в процессе ее эксплуатации

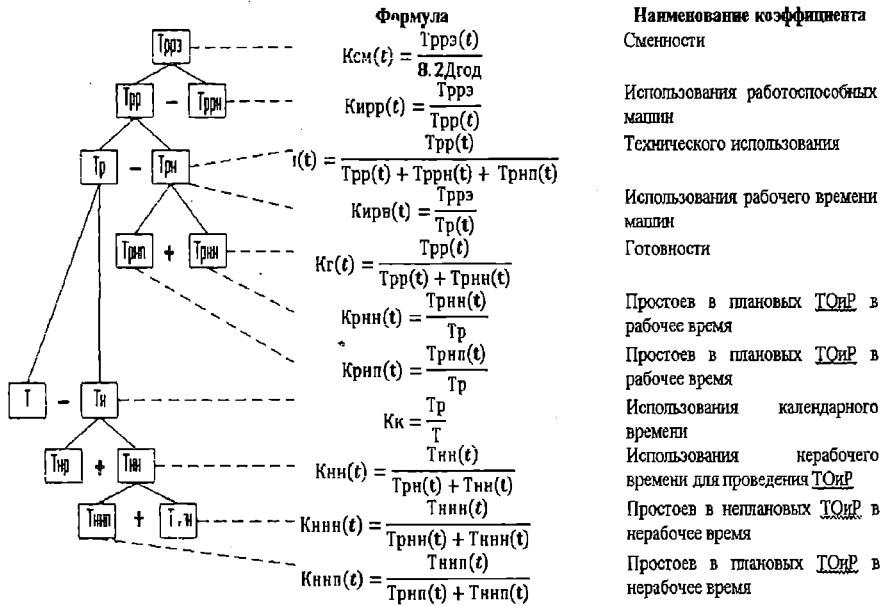


Рис. 4. Модель формирования показателей использования парка машин:  
8,2 – продолжительность рабочей смены, ч;  
 $D_{год}$  – количество дней в году

Система коефіцієнтів характеризує:

- надійність машин через комплексні показателі надійності – коефіцієнти готовності  $K_G$  і технічного використання  $K_{ТН}$ ;

- роботу ремонтної служби коефіцієнтами: простоїв в планових ТО і Р в робоче час –  $K_{РНП}$ , простоїв в НР в робоче час –  $K_{РНП}$ , простоїв в планових і непланових ТО і Р в робоче час –  $K_{РН}$ ; роботу комерційної служби через коефіцієнт використання робото-спроможних машин  $K_{ИРР}$ .

Динаміка ТС машини, як функція строка служби, характеризується зміною коефіцієнтів готовності і технічного використання по мірі старіння машини. Ці коефіцієнти характеризують і якість роботи системи технічної експлуатації, завдання якої мінімізувати продовжителість періода перебування техніки в неспроможному стані

$$[T_{РН}(t) + T_{РНП}(t)] \rightarrow \min,$$

Последні три показателя характеризують використання неспроможного часу машини для відновлення її спроможності, що дуже раціонально. При цьому показателі використання робочого часу помітно покращуються.

Моделювання надійних і економічних показателів експлуатації підземно-транспортних машин дозволило встановити динаміку активної наработки і збільшення експлуатаційних витрат з інтенсивністю (1,5-4) % в рік. Ці зміни достатньо добре (з адекватністю (0,88-0,92)) описуються експоненціальною залежністю з параметром  $\beta = 0,012-0,048 \text{ год}^{-1}$  (параметр старіння по наработці  $\beta_1$  і по витратам  $\beta_2$ ) (рис.4)

$$T_{pp}(t) = T_0(t) \times K_G(t), \quad (6)$$

$$K_G(t) = \exp(-\beta_1 \times t), \quad (7)$$

$$Z_{ПЕР}(t) = Z_0 \times \exp(\beta_2 \times t), \quad (8)$$

де  $T_{pp}(t)$  – продовжителість перебування машини в спроможному стані в робоче час;

$T_0(t)$ ,  $Z_0$  – наработка і витрати за перший розрахунковий період нової машини відповідно;

$K_G(t)$  – коефіцієнт готовності машини;

$t$  – вік машини.

Коэффициенты готовности и технического использования связаны через коэффициент планируемого применения машины

$$K_{ТИ}(t) = K_{Г}(t) \times K_{ПП}(t). \quad (9)$$

Динамика показателей надежности:

– количество неплановых ремонтов вследствие внезапных отказов

$$HP(t) = T_{ПП}(t) / T_B, \quad (10)$$

где  $T_B$  – ср. время восстановления работоспособности машины после отказа, ч;

– средняя наработка на отказ

$$T_{ОГ}(t) = T_{РР}(t) / HP(t), \quad (11)$$

– приведенная интенсивность отказов

$$A(t) = 1 / [T_{ОГ}(t) + T_B], \text{ ч}^{-1}, \quad (12)$$

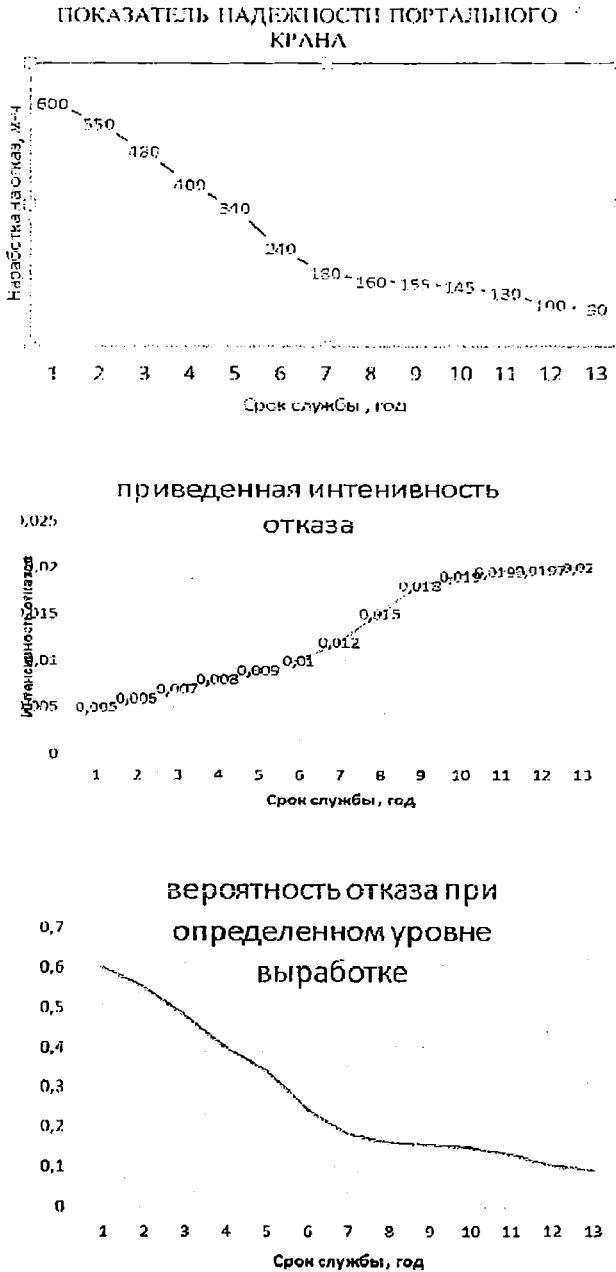
– вероятность безотказной работы на отрезке времени  $\Delta T$  (рис. 5, в)

$$P(t) = \exp[-A(t) \times \Delta T]. \quad (13)$$

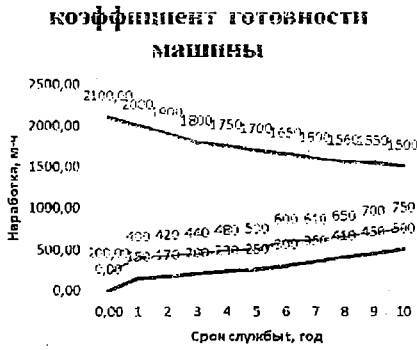
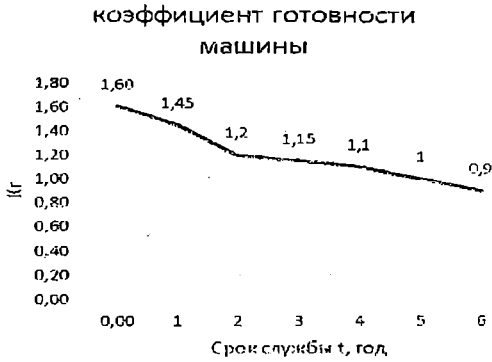
На рис. 6 и далее графически представлены результаты расчетов в Mathcad показателей для реальных условий эксплуатации портального крана TAKRAF по данным Регистра механизации Администрации Морских портов Украины № 4 г. Южный за 2011-2015 годы.

**Выводы.** Представленные показатели надежности позволяют достаточно полно представить картину старения машины и показывают, какую отдачу можно ожидать от техники на определенном отрезке времени ее эксплуатации. Показатели наработки на отказ позволяют изменить принципы построения системы технической эксплуатации подъемно-транспортных машин. Оптимальные значения данных показателей группы машин позволяют создать единую информационную систему ТОиР. С помощью баз данных информационной системы ТОиР производится корректировка режимов в соответствии с условиями использования техники. Модель управления использованием техники в соответствии с уровнем ее надежности позволит поднять на качественно новый уровень систему технической эксплуатации машин. Формирование новой СТЭ предусматривает реинжиниринг существующей на предприятии системы технической эксплуатации, переподготовку инженерных и руководящих кадров.





*Рис. 5. Зависимость показателей надежности от срока службы портального крана при установленной наработке на отказ 50-100-200-500 м-ч, приведенной интенсивности на грузки и срока службы исполнительных механизмов*



*Рис. 6. Зависимость показателей эксплуатации машины от срока службы:*

*а) коэффициента готовности машины; б) годовой наработки  $T_{FP}(t)$ , продолжительности простоев в неисправном состоянии  $T_{PH}(t)$  и, в том числе, простоев в неплановых ремонтах  $T_{PHH}(t)$ ; в) количества неплановых ремонтов  $НР(t)$  в год*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Репин С.В. Концепция эффективности эксплуатации строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 2. – С. 27-31; – № 4. – С. 21-25.
2. Репин С.В. Оптимизация показателей надежности строительных машин в эксплуатации // Строительные и дорожные машины. – 2006. – № 5. – С. 28-31.
3. Антоненко И.Н. Как автоматизировать управление техобслуживанием и ремонтом // Главный механик. – 2007. – № 5. – С. 34-43; – № 6. – С.36-46.
4. Фролов Є.А. Технологічні аспекти керування якістю виробів машинобудування [Текст]: Моногр. / Є.А. Фролов, В.В. Муравльов, О.В. Нижник та ін.: під ред. Є.А. Фролова. – Х.:ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014. – 240 с.
5. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования – М.: Высшая школа, 1979. – 400 с.
6. Долматов А.И. Основные тенденции повышения надежности работы машин / А.И. Долматов, А.Я. Мовшович, Н.Д. Жолткевич // Зб. наук. праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво, 2013. – Вип. 2. – С. 18-21.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2017

### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, академік, завідувач кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету **М.П. Дубровський**

доктор технічних наук, академік, професор кафедри «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавства» Одеського національного політехнічного університету **В. Лебедев**

УДК 65.012.34:316.32

С.М. Мінакова

**СВІТОВИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВ  
В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ**

*Проаналізовано досвід ЄС та деяких країн по створенню транспортно-логістичних систем та їх використання в стратегіях національного розвитку. Показано, що сучасна національна логістична система є вагомим чинником локалізації виробництва.*

**Ключові слова:** транспортно-логістичні системи, умови глобалізації, логістичні центри, країни ЄС, міжнародні логістичні оператори.

*Проанализирован опыт ЕС и некоторых стран по созданию транспортно-логистических систем и их использование в стратегиях национального развития. Показано, что современная национальная логистическая система является весомым фактором локализации производства.*

**Ключевые слова:** транспортно-логистические системы, условия глобализации, логистические центры, страны ЕС, международные логистические операции.

*Experience of EU and some countries on creation of the national transport and logistic systems and their use in strategies of national development has been analyzed. It is shown that the modern national logistic system is the important factor of manufacturing localization.*

**Keywords:** transport and logistics systems, conditions of globalization, logistics centers, EU countries, international logistics operations.

**Вступ.** В умовах все більшого посилення глобальної конкуренції однією з найбільш основних тенденцій сучасного етапу розвитку економічних відносин є зміщення пріоритетів від ринку виробника до ринку покупця. Саме тому здатність ефективно поєднати виробництво, систему планування з індивідуальними купівельними перевагами стає вирішальним чинником в конкурентній боротьбі на теперішньому етапі і, напевно буде найбільшим чинником конкурентоспроможності у майбутньому.

Сучасний глобалізований світ характеризується високим динамізмом. Одним з його проявів є швидкі зміни переваг покупців, їх запитів щодо якості доставки продукції. Тому особливої ваги набуває логістична оптимізація виробництва, що передбачає зменшення термінів і об'ємів постачань, скорочення резервних запасів часу і матеріалів.

Механізм дії аутсорсингу відрізняється від звичайної розподільної логістики тим, що замовник формулює завдання, що є перед постачальником послуг, не конкретизуючи спосіб рішення цих завдань, так що вибір

раціонального способу дій цілком і повністю лежить на виконавці (як, втім, і відповідальність за досягнення необхідного результату) [8. С. 15].

Порівняно новою тенденцією використання логістичного чинника локалізації виробництва в західноєвропейських країнах є формування загальноєвропейської системи руху матеріальних потоків, що передбачає наявність декількох опорних європейських центрів логістики та регіональних логістичних транспортно-розподільних центрів, що взаємодіють з ними. Таке рішення покликане прискорити просування товароматеріальних потоків та забезпечити безперервність процесу руху товару.

У основу такої стратегії була покладена так звана транс'європейська транспортна мережа (TEN) і затверджена в липні 1996 р. Концепція «Сумісні головні напрями створення Транс'європейської мережі». У Концепції закладено принцип інтеграції різних видів транспорту в мультимодальну транспортну мережу. Важливим положенням основних напрямів TEN є розширення мережі на схід і її з'єднання з транспортними мережами третіх країн.

Часові рамки розширення TEN на схід встановлено до 2015 р. У 2003 р. Європейська комісія виробила «План дій», що складається з чотирьох ділянок роботи [3]:

- безпека руху;
- логістика вантажного транспорту;
- контроль транспортної політики в Європі;
- інтелектуальні транспортні системи.

Як основні завдання, що надаються типовим транспортно-логістичним комплексом ЄС, були визначені наступні [8]:

- залучення крупних приватних інвестицій в реалізацію проекту;
- будівництво високотехнологічних виробничо-складських об'єктів і комплексної інфраструктури придорожного сервісу;
- створення сучасних і ефективних систем інженерно-технічного, комунікаційного і інформаційного забезпечення;
- впровадження сучасних інформаційних технологій відстежування відправлень, оптимізації завантаження автотранспорту, ведення інформаційного обміну, обліку і документообігу на основі використання міжнародних стандартів і нормативів;
- вдосконалення процедур митного огляду, оформлення і контролю за товарами і транспортними засобами, приведення їх у відповідність зі світовою практикою;
- залучення крупних транспортно-експедиторських компаній, що спеціалізуються на доставці вантажів із застосуванням інформаційних мережевих і термінальних технологій організації перевізного процесу і контрактної логістики;
- створення ефективної розподільної мережі для крупних роздрібних структур, що розвиваються, і мереж, а також магазинів-складів оптового і дрібнооптового продажу товарів імпортного виробництва, орі-

сировинних на поживлення і легалізацію торгово-закупівельного бізнесу приватних підприємницьких структур.

«План дій» передбачає створення в ЄС переважно логістичних центрів типу 3PL та 4PL, а в перспективі 5PL. Тому в «Плані дій» комплекс виконуваних функцій створюваних транспортно-логістичних центрів (ТЛЦ) дозволяє розглядати їх не тільки в ролі національних транспортно-логістичних вузлів (кластерів), але і як своєрідний каркас, що цементує процес перевезення, пересувний склад і інфраструктуру в єдину транспортну систему не тільки країни і/або регіону ЄС, але і в перспективі в глобальний ринок [4; 6; 9].

Серед країн ЄС особливо виділяється Німеччина де найбільш системно реалізується політика на створення національної логістичної системи. У третьому тисячолітті у цій країні було взято курс на побудову ефективної національної логістичної мережі, яка могла б з найменшими витратами обслуговувати всю національну економіку. В Німеччині центри транспортної логістики (в даний час функціонують 29 з 33 передбачених генеральним планом їх створення до 2010 р. [10]) формувалися переважно на основі залізничних ліній та розв'язок. Більшість з них розрахована на паралельне використання автомобільного і залізничного транспорту, є також трьохмодульні центри логістики. Діяльністю, безпосередньо пов'язаною з логістикою, в Німеччині зайнято близько 4,5 млн. чоловік [10].

Німецька модель побудови та розвитку логістичних центрів характеризується рядом особливостей.

В першу чергу – це сильна державна підтримка на всіх рівнях, яка ґрунтується на федеральних законах і законах федеральних земель. Федеральний бюджет бере участь у фінансуванні інвестицій через Deutsche Bahn AG (Німецькі залізниці), широко практикується виділення дотацій бюджетам федеральних земель, а також цільові дотації і кредитування по конкретних інвестиціях. Фінансову підтримку по інвестиціях в логістичні центри надають як федеральні землі, так і місцеве самоврядування. Джерела інвестиційних засобів в німецькій моделі також чітко визначені [10]:

- інвестори, які мають намір інвестувати в логістичну інфраструктуру;
- транспортні компанії;
- бюджетні кошти і цільові фонди федеральних земель;
- програми і федеральні фонди, направлені на розвиток інфраструктури;
- дотації міст і регіонів;
- дотації і програми Європейського союзу;
- банківські кредити.

В Німеччині строго регламентовано функції компанії, що ініціює створення логістичного центру. Це розробка програми будівництва логістичного центру і документації, залучення інвесторів і фінансових коштів,

покупка і освоєння земельних ділянок, нагляд над будівництвом логістичного центру.

Утворені за участю держави логістичні центри управляються через наглядові органи, які створюються різними компаніями-учасниками проекту – інвесторами і/або інвестиційними консорціумами, компаніями по розвитку, містами/муніципалітетами, асоціаціями і союзами.

Таким чином, заснована реалізувала в Німеччині загальна схема дій органів влади на передпроектному етапі реалізації програми створення ТЛЦ виглядає таким чином. Федеральне Міністерство транспорту на основі аналізу схеми вантажопотоків і розміщення продуктивних сил визначає райони найбільш оптимального розміщення крупних термінальних комплексів.

Відповідні рекомендації спрямовуються урядам земель. Якщо вони виявляли готовність брати участь в реалізації проекту, федеральний уряд надає «стартові» кошти у розмірі 10-15 % вартості проектних робіт і підготовки території. Уряд землі вступає в переговори з властями відповідного міста (або декількох міст, якщо регіон бажаного розміщення терміналу достатньо обширний). Уряди міст, готових реалізувати проект, отримують часткову субсидію з бюджету землі і, у свою чергу, вирішують питання викупу землі під термінал і надання пільг для підприємців, які могли б брати участь в проекті.

Отже, німецька модель створення національної логістичної мережі в першу чергу вирізняється активною участю державного сектора, як у фазі планування, так і реалізації проектів розвитку ТЛЦ.

Дещо по іншому до розбудови національної логістичної системи підійшов уряд КНР. В Китаї розвиток виробництва в південних регіонах багато в чому зумовлювався пільговим режимом, який надавався іноземним інвесторам у вільних економічних зонах. Але в умовах вступу країни у ВТО пільги безмитних зон поступово нівелюються, тому уряд даної країни не безпідставно побоювався, що іноземний капітал почне покидати країну.

У 2003 р. на Всекитайському форумі по управлінню і розвитку китайських безмитних зон було запропоновано трансформувати їх в зони вільної торгівлі (Free Trade Zones), де основним видом діяльності є надання логістичних і фінансових послуг.

Китай взяв стратегію на створення мережі 3PL логістичних операторів за рахунок яких іноземні виробники отримують певні додаткові можливості в оптимізації матеріальних потоків та мінімізації логістичних витрат.

Крупні міжнародні логістичні оператори виходять на ринок України. Так, комплексні складські послуги на сьогодні в Україні надають міжнародні логістичні компанії, у числі яких такі оператори, як Kuehne + Nagel, FM Logistics, DHL, Raben [9]. Проте в Україні увага держави до створення національної логістичної системи значно менша. На даний момент можна констатувати лише про окремі спроби створення

невеликих в національних та міжнародних масштабах транспортно-логістичних центрів за рахунок приватного капіталу.

Взагалі в Україні та країнах, що розвиваються, в першу чергу в країнах Євразес, зовнішній ефект впливу логістичного фактору на локалізацію виробництва поки не дуже помітний. Проте транснаціональні логістичні компанії все більш активно приходять на ці ринки і швидко стають домінуючою силою у сфері транспортної логістики, що неминуче відіб'ється на робочих місцях і умовах праці в цих країнах.

Слід зазначити, що ТРАСЕКА (TransportCorridorEuropeCaucasus Asia) – це єдиний проект євро-азіатського транспортного коридору по напрямку Захід-Схід з Європи, з перетином Чорного моря, через Кавказ і Каспійське море з виходом на Центральну Азію, що отримав значну фінансову, організаційну і технічну підтримку міжнародних структур, в першу чергу Євросоюзу. У свою чергу країни-учасниці ТРАСЕКА (Азербайджан, Вірменія, Болгарія, Грузія, Казахстан, Киргизстан, Молдова, Румунія, Таджикистан, Туркменістан, Туреччина, Узбекистан, Україна) пов'язують реалізацію своїх геополітичних і економічних можливостей з розвитком транспортно-комунікаційних мереж. Тим більше що річний торговий оборот між Азією і Європою перевищує 2 трлн. доларів, при цьому частка транспортних витрат складає 200 млрд. доларів США [10].

**Висновки.** Отже, як показує світовий досвід, створення національної логістичної організації, що володіє всіма характеристиками 3-4PL-провайдера, практично неможливо без підтримки держави, зокрема взаємодії з державними структурами, включаючи митницю, організації партнерства з організаціями-вантажоперевізниками та іншими учасниками, що забезпечують логістичні процеси.

Існує кілька проблем, вирішення яких є можливим лише на рівні держави. До таких відноситься розробка генеральної програми розвитку національної логістичної системи з урахуванням комплексу економічних, транспортних, екологічних, соціальних і інших чинників, а також методичного забезпечення, при цьому слід удосконалювати і контролювати виконання норм і правил устаткування і експлуатації термінальних об'єктів і так далі

Розвиток ефективної національної системи зумовлює ряд макроефектів:

- зниження частки сукупних народногосподарських витрат на просування вантажів і товарів в структурі ВВП;
- зниження рівня інфляції за рахунок зниження логістичних витрат;
- підвищення інвестиційної привабливості проектів по розміщенню виробництва.

Створення національної логістичної системи, як свідчить світовий досвід, дозволяє підвищити конкурентоспроможність економіки за рахунок:



- комплексної логістики постачання основних центрів виробництва;
- оптимізації складських запасів і вивільнення «заморожених» фінансових ресурсів у виробників;
- комплексної логістики розподілу товарів від центрів виробництва до центрів споживання (зокрема імпортих товарів).

Таким чином Україні доцільно врахувати, що створення національної логістичної системи та її ефективна інтеграція в міжнародну логістичну систему стане могутнім чинником розвитку національного виробництва, як за рахунок внутрішніх джерел так і іноземних інвестицій, підвищить міжнародну конкурентоспроможність окремих виробників та економіки в цілому, дозволить зайняти більш вигідне місце в міжнародному розподілі праці.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакаєв О.О. *Теоретичні засади логістики [Текст]: Підручник / О.О. Бакаєв, О.П. Кутах, Л.А. Пономаренко.* – К.: Київ. ун-т економіки і технологій транспорту, 2003. – Т. 1. – 430 с.
2. Бауэрсокс Д. Дж. *Логистика: интегрированная цепь поставок [Электронный ресурс] / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клосс.* – Режим доступа: <http://www.olbuss.ru>.
3. Міністерство інфраструктури України. *Офіційний сайт [Електронний ресурс].* – Режим доступа: <http://www.mtu.gov.ua>.
4. *Офіційний сайт компанії MAERSK [Електронний ресурс].* – Режим доступа: <http://www.maersk.com>.
5. Писаренко В.В. *Особливості логістичних систем в сільському господарстві [Текст] / В.В. Писаренко // Вісник ХНАУ.* – 2012. – № 7. – С. 146-150.
6. *Рынок транспортно-логистических услуг в 2010-2011 гг. и прогноз до 2014 г. Объем и структура рынка логистического аутсорсинга, грузоперевозки, транспортно-экспедиторские и складские услуги в посткризисный период [Текст]: Аналитический обзор.* – М.: РосБизнесКонсалтинг, 2011. – 368 с.
7. Савіна Н.Б. *Інфраструктура логістичних процесів економічної діяльності [Електронний ресурс] / Н.Б. Савіна.* – Режим доступа: [www.nbiv.gov.ua](http://www.nbiv.gov.ua)
8. Собкевич О.В. *Щодо перспективних напрямів співробітництва України з країнами ЄС у реалізації потенціалу транспортної системи України [Електронний ресурс]: Аналітична записка / О. Собкевич, О. Ємельянова.* – Режим доступа: <http://www.niss.gov.ua>.

9. *Connecting to Compete 2012 Trade Logistics in the Global Economy The Logistics Performance Index and Its Indicators [Текст] / The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. – 2012. – 68 p.*
10. *The World Bank [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://siteresources.worldbank.org>.*
11. *Bakayev O.O. Teoretychni zasady lohistyky: Pidruchnyk [Theoretical bases of logistics: study guide]. VI. – К.: University of Economics and Transport Technologies, 2003. – 430 p.*

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2017*

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету **А.В. Конопльов**

кандидат технічних наук, доцент Одеського державного екологічного університету **С.М. Юрасов**

УДК 629.072.174:656.022.6

О.Д. Вишневецкая

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ФАКТОРОВ РИСКА В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ

*Определена система факторов риска в процессе производственной деятельности морского судна. Установление осуществлялось на основании декомпозиции работы судна и управления его работой с учетом наличия множества участников обслуживания судна в порту и субъектов, взаимосвязанных с его работой. Установлено, что рассмотрение влияния факторов риска на результаты производственной деятельности судна (работы судна) является дифференцированным и зависит от уровня рассмотрения проблемы – в пределах годового промежутка времени или в пределах конкретного рейса. Определена приоритетность факторов риска при планировании на уровне рейса и в рамках годового отрезка времени.*

**Ключевые слова:** производственная деятельность, судно, факторы риска, рейс, управление.

*Визначено систему факторів ризику в процесі виробничої діяльності морського судна. Встановлення здійснювалося на підставі декомпозиції роботи судна і управління його роботою з урахуванням наявності безлічі учасників обслуговування судна в порту і суб'єктів, взаємопов'язаних з його роботою. Встановлено, що розгляд впливу факторів ризику на результати виробничої діяльності судна (роботи судна) є диференційованим і залежить від рівня розгляду проблеми – в межах річного проміжку часу або в межах конкретного рейсу. Визначено пріоритетність чинників ризику при плануванні на рівні рейсу і в рамках річного відрізка часу.*

**Ключові слова:** виробнича діяльність, судно, фактори ризику, рейс, управління.

*The system of risk factors in the production activity of a sea vessel is defined. The determination is based on the decomposition of the vessel's work and ship management, taking into account the presence of a multitude of participants in the service of the vessel in the seaport and the subjects interconnected with its work. It is established that the consideration of the influence of risk factors on the results of the ship's production activity (ship work) is differentiated and depends on the level of the problem's consideration – within an annual period or within a voyage. The priority of risk factors in planning at the voyage level and within the annual time interval is determined.*

**Keywords:** production activity, vessel, risk factors, flight, management.

**Введение.** Изменчивость и нестабильность отраслевых рынков, которые до сих пор ощущают на себе влияние мирового экономического кризиса, обуславливают значительный уровень неопределенности результатов деятельности рыночных субъектов. Поэтому проблема оценки и учета влияния факторов риска является актуальной для всех сфер экономической деятельности.

Судоходство является отраслью, которой сопутствуют риски разнообразного характера: значительная изменчивость фрахтового рынка обуславливает высокий уровень рыночных рисков; сложность судна как технического объекта и его работа в условиях воздействия природно-климатических условий формируют риски технического характера и т.д.

**Анализ литературы.** Проблеме рисков в современной научной литературе уделяют значительное влияние. Отметим, что современная теоретическая база оценки и учета рисков при принятии решений берет начало с рисков, связанных с финансовой и инвестиционной сферой. Далее подобные идеи адаптировались для других сфер деятельности, и в частности для судоходства. Так, учет рыночных рисков в судоходстве рассматривался в [1]. В [2-4] идентифицированы риски проектов приобретения судов и предложено методическое обеспечение их минимизации.

Отметим, что большее внимание в научных публикациях уделяется рискам в судоходстве, связанным с динамикой фрахтового рынка, в числе таких работ – [5; 6].

Тем не менее, сама производственная деятельность судоходных компаний, то есть собственно, сам процесс предоставления услуги перевозки, подвержен многим рискам. Если не рассматривать ситуации повреждения судна (например, в результате погодных условий), то множество факторов (в том числе, и погодные) оказывают влияние на главный ресурс судна с эксплуатационной точки зрения – время. Так увеличение времени рейса приводит к уменьшению суточной прибыли, и, следовательно, к уменьшению эффективности рейса (данная проблема рассматривалась в [7; 8]). Несмотря на отдельные обращения современных исследователей к проблеме рисков в производственной деятельности судоходных компаний, можно утверждать об отсутствии системного взгляда на совокупность данных рисков и их четкую идентификацию.

**Цель статьи.** Исходя из вышеизложенного, целью данной статьи является установление системы факторов риска в производственной деятельности морских судов.

**Результаты.** Суть производственной деятельности морских судов – транспортировка (перевозка) грузов, которая осуществляется на базе соответствующего технологического процесса. Системное представление данного процесса отражено в работах [9; 10; 11].

В зависимости от сути рассматриваемой проблемы, технологический процесс работы судна может быть представлен с различной степенью детализации, в частности, в [11] в качестве укрупненных единиц данного процесса выделены «стояночные рабочие процессы» и «ходовые

рабочие процессы», которые, в свою очередь в дальнейшем делятся на операции.

С учетом специфики настоящего исследования состав операций технологического процесса работы судна в пределах рейса (как агрегированной единицы производственного процесса) и их принципиальная последовательность могут быть представлены следующим образом (рис.1):

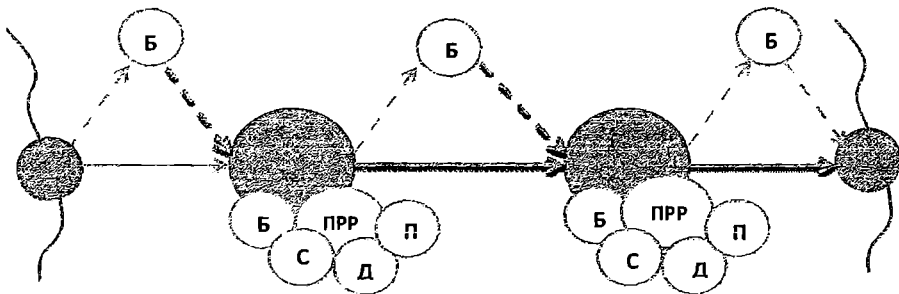


Рис. 1. Состав операций технологического процесса работы судна:

Б – бункеровка; ПРР – погрузо-разгрузочные работы;

С – снабжение судна (вода, продукты); Д – досмотр судна; П – прочие

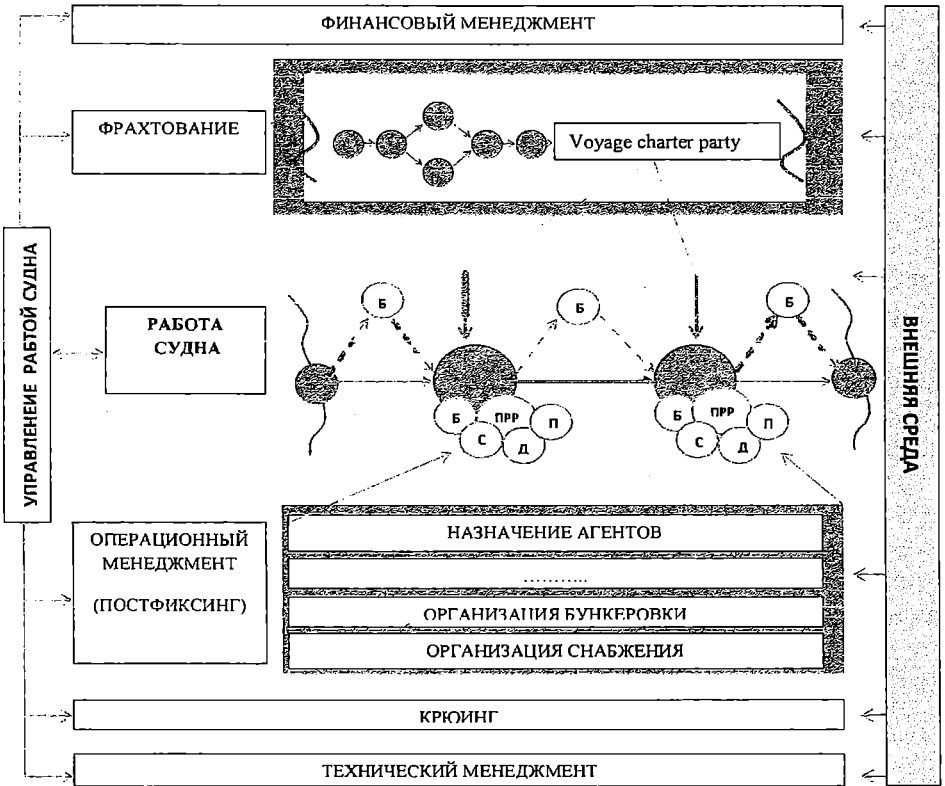
Отметим, что представленная схема демонстрирует фрагмент работы судна. На данной схеме, в частности, показаны возможные варианты бункеровки судна (в порту погрузки, в порту выгрузки, на пути следования судна).

С позиции теории управления производственная деятельность морских судов является «объектом управления», в качестве субъекта выступает система менеджмента судоходной компании, деятельность которой, в свою очередь, также может быть описана соответствующим технологическим процессом.

Для декомпозиции данного процесса можно принять за основу структуру «судового менеджмента», который в практике современного морского бизнеса выступает как самостоятельная услуга, предоставляемая судовладельцам соответствующими компаниями.

В рамках последнего обычно выделяют [12]: коммерческий менеджмент, технический менеджмент, крьюинг. Коммерческий менеджмент судов состоит из операционного (постфиксинга), финансового менеджмента, а также фрахтования. Именно коммерческий менеджмент, в большей степени, связан с производственной деятельностью судов, так как отвечает за «коммерческую эксплуатацию» судов, то есть за «извлечение полезных свойств» из судов, что, прежде всего, обеспечивается эффективным выполнением судами перевозки грузов.

Технический менеджмент и кרוинг являются обеспечивающими процессами в рамках управления работой судов, так как их основная цель – создать необходимые условия для эффективной коммерческой эксплуатации судов. Тем не менее, все указанные процессы являются под-процессами «управления работой судов» и только их неразрывное единство обеспечивает надлежащее функционирование субъекта управления (рис. 2).



*Рис. 2 Единство технологических процессов при управлении работой флота (судами)*

Каждое из выделенных направлений в рамках «управления работой судов» может быть представлено в качестве соответствующего технологического процесса (бизнес-процесса), как это продемонстрировано схематично на примере «Фрахтование». В частности, результатом выполнения данного процесса является заключение рейсового чартера, условия которого формируют систему ограничений для производственного процесса в рамках данного конкретного рейса. После заключения рейсового чартера в рамках операционного менеджмента (постфиксинга) назначаются агенты, организовывается бункеровка, снабжение и т.п.

Естественно, что производственный процесс морских судов, также как и управленческие процессы, осуществляется в условиях воздействия внешней среды, включающей в себя, в данном случае, все разнообразие окружения: от рыночной конъюнктуры и политической ситуации на мировом уровне – до погодно-климатических условий конкретного региона, особенностей и обычаев конкретного порта.

Следует особо отметить тот факт, что отдельные операции технологического процесса работы судна осуществляются и организовываются другими участниками транспортного процесса. В частности, погрузо-разгрузочные операции производятся стивидорными компаниями, при этом в организации процесса погрузки/разгрузки судна участвуют агентская компания (как представитель интересов судовладельца в порту) и транспортно-экспедиторская компания (как представитель интересов грузовладельца).

Отметим, что эффективность работы судна определяется как эффективностью технологического процесса, соответствующего производственной деятельности судна, так и эффективностью «управленческих» технологических процессов. Так, адекватно сформулированные условия рейсового чартера формируют предпосылки для эффективного выполнения рейса. Аналогично, назначение квалифицированных агентов, формирует предпосылки для эффективной организации обслуживания судна в порту, а, следовательно, для эффективного выполнения рейса в целом. Подбор квалифицированного экипажа также обуславливает предпосылки для эффективной работы судна. Адекватное и своевременное обеспечение работы судна в рамках технического менеджмента также формирует благоприятные условия для протекания производственного процесса.

Тем не менее, в изложенном выше сделан акцент на «предпосылках» эффективной работы судна, потому что «предпосылки» могут не быть реализованы.

Например, даже высокопрофессиональный экипаж и соответствующее требованиям состояние судна в условиях непогоды могут не обеспечить сохранность груза и своевременность перевозки. Высокопрофессиональный специалист по фрахтованию может «упустить» возможное негативное воздействие определенных условий рейсового чартера на эффективность рейса. Стивидорная компания, обладающая отменной репутацией и высокотехнологическим оборудованием, может не обеспечить своевременность погрузочных операций и т.п.

Поэтому эффективность выполнения стояночных операций технологического процесса работы судна зависит не только от работы экипажа и эффективности деятельности системы менеджмента судоходной компании, а и от эффективности работы стивидорной компании, агентской, экспедиторской компании, а также тех служб, расположенных на территории порта, которые участвуют в процессе обслуживания судна (напри-

мер, таможня, пограничная служба и т.д.) с учетом воздействия факторов внешней среды.

Отметим, что экипаж не является частью системы менеджмента, обеспечивая управление работой судна в процессе коммерческой эксплуатации, а обеспечивает управление судном как технической системой и отвечает за эффективность выполнения соответствующих технологических операций, являясь неотъемлемой составляющей «человеко-машинной» системы – судна. И как для любой «человеко-машинной» системы человеческий фактор может оказывать негативное влияние на ее функционирование.

Также важным фактором негативного воздействия на протекание производственных процессов на морском транспорте являются погодные условия, которые могут воздействовать как во время перехода судна, так и во время стоянки судна в порту.

Подводя небольшой итог – декомпозиция производственной деятельности судов и системы менеджмента судоходной компании позволяют очертить укрупненно разнообразие факторов, влияющих на эффективность работы судов и обуславливающих источники рисков (рис. 3):

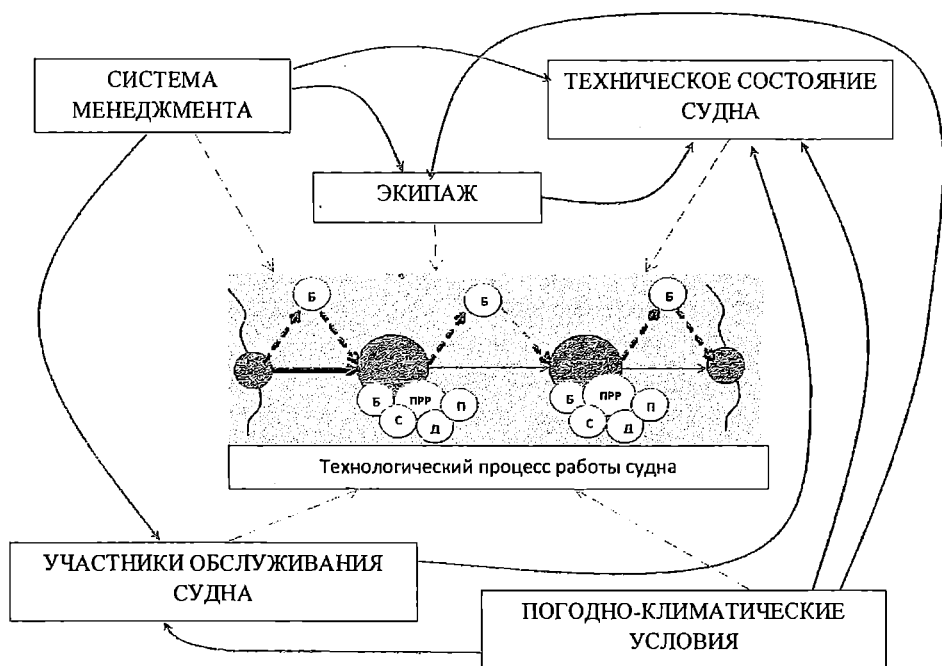


Рис. 3. Факторы, влияющие на эффективность работы судна и обуславливающие источники рисков



- Состояние внешней среды;
- Профессионализм и работа экипажа;
- Техническое состояние судна;
- Профессионализм и работа системы менеджмента;
- Профессионализм и работа участников транспортного процесса и процесса обслуживания судна.

При этом следует отметить взаимосвязь между указанными факторами. Так, погодные условия могут оказывать воздействие не только непосредственно на протекание производственного процесса (например, переход судна между портами в условиях сильного шторма), а и оказывать воздействие на экипаж (плохое самочувствие, эмоциональное напряжение и т.д.), на судно (например, повреждение корпуса), и даже на участников обслуживания судна (например, повреждение перегрузочной техники в результате непогоды).

Отметим, что даже в рамках непродолжительного рейса достаточно сложно владеть достоверной информацией об условиях выполнения предстоящего рейса, особенно с учетом значительного количества участников, которые имеют отношение к работе судна. При этом, практически каждый из указанных агрегированных факторов (рис. 3) вносит свой вклад в формирование неопределенности условий работы судна и, как следствие, ее результатов.

Согласно сложившемуся мнению под неопределенностью понимается неполнота и неточность информации (в данном случае, об условиях работы судна). В рамках неопределенности могут быть выделены следующие ситуации ([13]):

- ситуация риска, при которой выбор конкретного плана действий может привести к любому исходу из их фиксированного множества. При этом для каждой альтернативы известны вероятности осуществления возможного исхода;

- ситуация полной неопределенности, которая характеризуется тем, что выбор конкретного способа действий может привести к любому из фиксированного множества исходов, но вероятности их осуществления неизвестны.

Специфике производственной деятельности морского судна в пределах рейса и годового отрезка времени в большей степени отвечают ситуации риска. Такое утверждение справедливо благодаря тому, что для каждой операции технологического процесса работы судна могут быть сформулированы возможные варианты их реализации (путем оценки различных характеристик). Например, для оценки ходового времени (перехода судна между портами) с учетом заданного расстояния, можно рассчитать различные варианты скорости и экспертным путем установить вероятности выбора капитаном того или иного скоростного режима (в зависимости от условий чартера, последующей работы, и прогнозируемых погодных условий).

Для ситуаций же полной неопределенности характерно то, что установить систему факторов воздействия и оценить результаты данного воздействия практически невозможно.

Таким образом, в соответствии с практикой морской транспортной отрасли и логикой системного подхода, можно сделать вывод о том, что работа судна по выполнению рейсов (производственная деятельность) протекает в условиях риска. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость учета ситуаций риска при принятии решений по управлению работой судна.

Отметим, что разнообразие рисков, влияющих на работу судов, может быть разделено не только по источникам зарождения, а и по времени, что является важным для четкой идентификации ситуаций риска на различных временных промежутках рассмотрения производственной деятельности судна.

Образующей единицей производственной (эксплуатационной) деятельности судна (работы судна) является рейс. Таким образом, производственная деятельность судна в рамках заданного промежутка времени представляет собой последовательность рейсов. Соответственно, работу судна можно рассматривать в рамках конкретного рейса, или в целом в рамках заданного промежутка времени.

Уровень рассмотрения работы судна определяет приоритетность факторов риска и подход к их учету при планировании работы судна.

Так, в рамках годового отрезка времени на эффективность работы судна оказывают влияние и финансовый менеджмент (например, расчеты с фрахтователями), и технический менеджмент (своевременное проведение необходимых мероприятий в необходимом объеме) и т.д. В рамках фрахтования на данном уровне рассмотрения приоритетным вопросом с точки зрения рисков является уровень ставок фрахта и их сопоставление текущим затратам по судну.

В свою очередь, на уровне конкретного рейса, круизинг, технический менеджмент и финансовый менеджмент уступают приоритетное место фрахтованию и постфиксингу. При этом, заключенный договор рейсового фрахтования задает множество условий и обуславливает соответствующие риски судовладельца в пределах данного рейса. Риски, связанные с постфиксингом, обслуживанием судна в портах (предусмотренных чартером), а также погодно-климатическими условиями сопровождают судно в процессе выполнения рейса.

**Выводы.** В рамках данного исследования установлена система факторов риска в процессе производственной деятельности морского судна. Установление осуществлялось на основании декомпозиции работы судна и управления работой судна с учетом наличия множества участников обслуживания судна в порту и взаимосвязанных с его работой.

Установлено, что рассмотрение влияния факторов риска на результаты производственной деятельности судна (работы судна) является дифференцированным и зависит от уровня рассмотрения проблемы –

в пределах годового промежутка времени или в пределах конкретного рейса. В рамках годового промежутка времени все выделенные факторы риска рассматриваются комплексно, на уровне рейса возникает приоритетность отдельных факторов.

Результаты данного исследования являются базой для формализации влияния факторов риска на эффективность работы морских судов.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Онищенко С.П. Специфика рыночных рисков и мероприятий по их снижению в современном судоходном бизнесе / С.П. Онищенко, Т.Н. Шутенко // Актуальні проблеми економіки. – 2012. – № 2. – С. 85-98.*
2. *Онищенко С.П. Оценка рыночного риска проектов приобретения судна / С.П. Онищенко, Т.Е. Корниец // Інноваційна економіка. – 2015. – № 4. – С. 198-205.*
3. *Болдырева Т.В. О целесообразности принятия инвестиционного проекта с учетом риска / Т.В. Болдырева, Т.А. Ковтун // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2003. – № 3. – С. 46-55.*
4. *Ковтун Т.А. Методологический подход к анализу ситуаций риска в процессе управления проектами / Т.А. Ковтун // Інноваційний розвиток на основі технологічної зрілості в управлінні проектами: Тези допов. міжнар. конф., Київ, 2004 р. / МОНУ, КНУБА, УАУП, УАН / Відп. ред. С.Д. Бушуев. – К.: КНУБА, 2004. – С. 56-59.*
5. *Nomikos N. and Alizadeh A. (2002) 'Risk Management in the Shipping Industry: Theory and Practice', in The Handbook of Maritime Economics and Business (London: LLP Informa). – P. 693-730.*
6. *Zhang Y.M. and Qian S. 2014. «Shipping Enterprise's market Risk Management Strategy Research» // Journal of World Shipping. – 11.*
7. *Онищенко С.П. Обеспечение эффективности выполнения судном рейса с учетом возможного воздействия факторов риска / С.П. Онищенко, О.Д. Вишнева // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2016. – Вип. 56. – С. 104-113.*
8. *Онищенко С.П. Метод оценки отклонений результатов выполнения судном рейса под влиянием факторов риска / С.П. Онищенко, О.Д. Вишнева // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПИ»: Зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ «ХПИ», 2016. – № 7 (1179). – С. 25-32.*
9. *Шибяев А.Г. Управление работой флота / А.Г. Шибяев, Е.В. Кириллова, Ю.И. Кириллов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Изд-во ОНМУ, 2011. – 120 с.*

10. Alderton P.M. *Sea Transport: operation and economics* / P.M. Alderton. – London: Thomas reed, 1986. – 226 p.
11. Бакаев В.Г. *Эксплуатация морского флота* / В.Г. Бакаев. – М.: Транспорт, 1965. – 560 с.
12. Марков В.В. *Судовой менеджмент: Учебно-методическое пособие* / В.В. Марков. – Одесса: КП ОМД, 2012. – 318 с.
13. Найт Ф.Х. *Риск, неопределенность и прибыль: Пер. с англ.* – М.: Дело, 2003. – 360 с.

*Стаття надійшла до редакції 15.03.2017*

**Рецензенти:**

кандидат технічних наук, доцент, професор Національного університету «Одеська морська академія», професор кафедри «Морські перевезення» НУ «ОМА», академік Транспортної академії України, член Морського інституту Великобританії, капітан далекого плавання  
**І.М. Петров**

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету  
**С.П. Онищенко**

УДК 656.614.3.076.3

А.И. Лапкин

**ВЗАИМНЫЕ РАСЧЕТЫ СТОРОН ПРИ ОТФРАХТОВАНИИ СУДНА  
НА УСЛОВИЯХ ТАЙМ-ЧАРТЕРА**

*Представлен алгоритм расчета арендной платы при отфрахтовании судна на условиях тайм-чартера. Учтены все виды расходов, произведенные в течение чартера каждой из сторон, с отнесением ответственности на их покрытие, согласно условиям чартера. Показана авторская разработка программного оформления документа взаимных расчетов.*

**Ключевые слова:** тайм-чартер, ставка, арендная плата, взаимный расчет, алгоритм.

*Представлений алгоритм розрахунку орендної плати при фрахтуванні судна на умовах тайм-чартеру. Ураховано усі види витрат кожної з сторін протягом чартеру з віднесенням відповідальності за їх покриття відповідно умов чартеру. Показано авторську розробку програмного оформлення документу з взаємних розрахунків.*

**Ключові слова:** тайм-чартер, ставка, орендна плата, взаємний розрахунок, алгоритм.

*The algorithm for calculating time-charter hire was carried out. There were taken into account all types of payments during the Charter incurring each part with the sharing of their liability in accordance with the conditions of the Charter Party. The authoring software design for Statements of Account was offered.*

**Keywords:** Time Charter, hire, final hire statement, statement of account, algorithm.

**Введение.** Аренда судна на условиях тайм-чартера получила распространение, как в виде аренды на длительный период (несколько месяцев), так и аренды для разовой перевозки грузов – т.н. тайм-чартер трип («Time Charter trip»), длящийся непродолжительное время. На протяжении тайм-чартера судовладелец и фрахтователь неоднократно выполняют расчеты, а фрахтователь производит выплаты арендной платы с указанием баланса. Представляемый сторонами взаимный расчет («Statement of Account», SOA) дает возможность выставлять арендные платы в течение всего тайм-чартера за периоды, оговоренные в нем, а также производить и другие согласованные выплаты (балластный бонус, наем охраны, плата за уборку трюмов и т.д.).

© Лапкин А.И., 2017

Наиболее важным элементом такого расчета является арендная плата с учетом периодов, когда судно находилось вне аренды («Off-Hire Periods»), а также с учетом стоимости бункера, который был на судне на начало и после окончания тайм-чартера. Однако, кроме этого, существуют и другие виды расходов судовладельца, которые в течение чартера оплачиваются фрахтователем, а во взаимных расчетах отражаются в виде уменьшения значения арендной платы на соответствующую величину.

На основе SOA также производится окончательный расчет арендной платы («Final Hire Statement»). Основывая свои действия на должной кооперации, каждая из сторон представляет свой вариант SOA с указанием собственного видения того или иного аспекта взаимных расчетов, в результате чего стороны должны найти компромиссное решение.

Основные положения, касающиеся коммерческих условий фрахтования судна в тайм-чартер, изложены во всех базовых литературных источниках данного профиля, в частности, в [1-6]. Однако, вопросы документального сопровождения арендных платежей, выполняемых на протяжении договора аренды, окончательного расчета арендной платы на основе взаимных расчетов сторон, а также практического исполнения подобных документов своего отражения в специальной литературе на настоящий момент не имеют.

Автор в разное время уделял внимание вопросам информационно-технологического обеспечения процессов при выполнении морских перевозок [7-9].

**Целью настоящего исследования** является описание и формализация последовательности взаимных расчетов фрахтователя и судовладельца, как в процессе, так и по окончании тайм-чартера, отражение этой последовательности в окончательном документе, а также предложения по компьютерной форме составления такого документа.

**Основной материал исследования.** Ставка арендной платы, по которой фрахтователь рассчитывается с судовладельцем, согласовывается и может быть установлена за тонну дедвейта в месяц, за судно в сутки или за судно в месяц. Сумма арендной платы обычно оплачивается авансом за согласованный период. В современной практике оплата аренды судна производится авансом за каждые 15 суток [3-5]. Первый платеж должен быть сделан к моменту сдачи судна в тайм-чартер и до получения подтверждения его выполнения судовладелец может не приступать к исполнению рейсов. Последующие платежи должны осуществляться точно в указанные в тайм-чартере сроки.

Арендная плата не выплачивается за все время, в течение которого судно не было в состоянии безотлагательно выполнять предписанную фрахтователями работу. Обычно фрахтователь освобождается от арендной платы за время, в течение которого судно было непригодно к эксплуатации вследствие немореходного состояния.

В случае, если судно становится непригодным к эксплуатации по вине фрахтователя, судовладелец имеет право на арендную плату, предусмотренную тайм-чартером, независимо от возмещения фрахтователем причиненных судовладельцу убытков.

При сдаче судна в тайм-чартер и его возврате должны быть урегулированы вопросы, касающиеся распределения расходов, связанных с процедурами сдачи и возврата. Передача судна в тайм-чартер может быть предусмотрена в определенном порту либо с момента выхода его в согласованную географическую точку. В некоторых случаях согласовывается, что судно передается в тайм-чартер после прихода в обусловленный порт, но фрахтователь оплачивает судовладельцу согласованную сумму компенсации (бонус) за балластный переход. Особо оговаривается, где происходит передача судна в порт: на внешнем рейде или у причала. В соответствии с этим определяется, кто оплачивает портовые сборы по заходу судна в порт, – судовладелец или фрахтователь. Количество топлива на момент сдачи и возврата должно быть примерно одинаковым. Оплачивается оно при сдаче – фрахтователем, а при возврате – судовладельцем по текущим ценам в порту сдачи и возврата (длительный тайм-чартер) или по фиксированным ценам (тайм-чартер трип).

Фактическое время, потерянное из-за следующих событий, но не ограниченное только этими событиями, должно считаться исключенным из аренды, пока судно снова в том же самом месте не возобновит рейс и (или) работу:

если судно вернется в предыдущий порт из-за несчастного случая или поломки, а также в случае потери времени в порту или в море, связанной с неисправностью судна или механизмов, влияющих на выполнение рейса или грузовые работы;

если судно отклонилось от курса в рейсе без согласования с фрахтователем;

если капитан или команда судна отказались исполнять свои должностные обязанности.

Все расходы судна, включая потраченный бункер в течение периода приостановления аренды, должны относиться на счет судовладельца.

Таким образом, в конце периода, обусловленного тайм-чартером, судовладелец и фрахтователь должны произвести расчет арендной платы с указанием всех понесенных расходов каждой стороной и соответствующего баланса, представленного к оплате. На основе систематизации основных видов расходов и их соответствия ответственности сторон по тайм-чартеру предложен следующий алгоритм компьютерного составления SOA (табл.).

Таблиця 1

## Пример заполнения SOA

№	Наименование, значение характеристики									
	Судно / Vessel	OCEAN HAVEN	Дата начала чартера / CP date		26.12.2016		Дата составления / SOA date		04.01.2017	
Фрахтователь / Charterer	WELL REACH	Час, мин	Рейс № / Voyage №	OT10		Период в аренду / Days On-Hire	Ед. измерения	Период вне аренды / Days Off-Hire	Ед. измерения	Всего, \$
Детали расчета периода аренды / On-Hire Details	UTC	08:30	03/01/17	Дата	23/01/17					
Ввод судна в тайм-чартер / Delivery	UTC	08:30	23/01/17	20,00	сут./days	-	-	-	-	-
Вывод судна из тайм-чартера / Redelivery										
Число чистых дней в аренде / Net Days On Hire				20,00	сут./days	-	-	-	-	-
Ставка аренды / Hire per day				4150,00	\$/сут. / \$ per day	-	-	-	-	-
Арендная плата / Hire										83000,00
Балластный бонус / Ballast Bonus				0,00	\$	-	-	-	-	0,00
Комиссия / Commission										
Адресная / Address				3,75	%	-	-	-	-	3112,50
Брокерская / Brokerage				1,25	%	-	-	-	-	10377,50
Бункер при вводе судна в тайм-чартер / Bunker on Delivery										
HSFO	281,80	Ед. измерения	Цена	Ед. измерения	Сумма	Ед. измерения	Всего, \$			
ULSFO	0,00	т / mt	340,00	\$/т	95812,00	\$	-	-	-	-
		т / mt	0,00	\$/т	0,00	\$	-	-	-	-

1 Авторская разработка



Продолжение табл.

	HSMGO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	ULSMGO	44,80	т / mt	500,00	С/т	\$	22400,00	\$	-	-
	Всего бункер при вводе судна в тайм-чартер / Total Bunker on Delivery									
										118212,00
5	Бункер при выводе из тайм-чартера / Bunker on Redelivery	Количество	Ед. измерения	Цена	Ед. измерения	Ед. измерения	Сумма	Ед. измерения		
	HSFO	281,80	т / mt	340,00	С/т	\$	95812,00	\$	-	-
	ULSFO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	HSMGO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	ULSMGO	44,80	т / mt	500,00	С/т	\$	22400,00	\$	-	-
	Всего бункер при выводе судна из тайм-чартера / Total Bunker on Redelivery									
										118212,00
6	Бункер в период вне аренды / Off-Hire Bunker Cost	Количество	Ед. измерения	Цена	Ед. измерения	Ед. измерения	Сумма	Ед. измерения		
	HSFO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	HSDO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	Всего бункер в период вне аренды / Total Off-Hire Bunker Cost									
										0,00
7	Перерасход бункера на переходе / Total Bunker Over Consumption as per Weather Routing	Количество	Ед. измерения	Цена	Ед. измерения	Ед. измерения	Сумма	Ед. измерения		
	HSFO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	HSDO	0,00	т / mt	0,00	С/т	\$	0,00	\$	-	-
	Всего перерасход бункера на переходе / Bunker Over Consumption as per Weather Routing									
										0,00
8	Расходы на связь с судном / Cable/Victualing/Entertainment	Средние расходы за месяц в 30 сут.	Ед. измерения	Число дней в аренде	Ед. измерения	Ед. измерения	Сумма	Ед. измерения		
		1350,00	\$	20,00	сут./days	\$	-	\$	Всего, \$	-
										887,67
9	Зачистка трюмов / Hold Cleaning									
	ILOHC @					\$	0,00	\$	0,00	

Продолжение табл.

10	Расходы на сюрвей / On/Off Hire Survey	Сумма	Ед. измерения							
	Расходы на сюрвей при вводе в тайм-чартер / Joint On-Hire Survey	500	\$	-	-	-	-	-	-	250,00
	Расходы на сюрвей при выводе из тайм-чартера /Joint Off-Hire Survey	0	\$	-	-	-	-	-	-	0,00
11	HRA Expenses	0	\$	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Owners expenses:	0	\$	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Прочие расходы / Others	0	\$	-	-	-	-	-	0,00	-
	Итого / Total								202099,67	122612,00
	Общая оплата судовладельцу/ Total Payable To Owners								-	79487,67
14	Арендные платежи / Payments									
	1st hire on							0,00		
	2nd hire on							0,00		
	3rd hire on							0,00		
	4th hire on									
	5th hire on									
	6th hire on									
	Total After Payment		\$					0,00	\$	0,00
	Расчет баланса арендной платы в пользу судовладельца (или фрахтователя) / Balance Due to (from) Owners		\$						202099,67	\$
			\$						202099,67	\$
			\$							122612,00
			\$							79487,67
			\$							202099,67

### **I. Расчет первого арендного платежа (1-st Hire on).**

А. В нотисе о вводе судна в тайм-чартер, полученного от капитана, указывается время ввода – местное и общеевропейское (Local и UTC), а также количество топлива на борту («Bunker on Board») по маркам, сверенное с скурвейером. На его основе в электронной форме документа заполняется строка «Ввод судна в тайм-чартер» («Delivery») и пункт 4 «Бункер при вводе судна в тайм-чартер» («Bunker on Delivery») с указанием согласованных цен на бункер. Соответственно выполняется автоматический расчет расходов на топливо (см. табл.).

В случае, если фрахтователь, согласно договору, должен вывести судно с таким же количеством бункера, то в пункте 5 указывается количество бункера, отмеченное в пункте 4. В случае, если фрахтователь оплачивает бункер, который будет потрачен в течение рейса, то в пункте 5 указывается значение бункера за вычетом того количества, которое будет израсходовано в рейсе, исходя из расчетов капитана.

В. Во второй строке «Ввод судна в тайм-чартер» («Delivery») указывается то же время, что и в верхней строке, а в ячейке «Дата» к дате «Delivery» прибавляется то количество дней, за которое должна производиться предоплата (как отмечалось выше, обычно – 15 суток).

С. В пункте 1 указывается «Ставка аренды» («Hire per day») и автоматически производится расчет общей суммы первой арендной платы («1-st Hire on»).

Д. В пункте 2 указывается балластный бонус, если таковой был оговорен в чартере.

Е. В пункте 3 указывается согласованный сторонами процент адресной и брокерской комиссии, которую оплачивает фрахтователь за счет судовладельца. Производится автоматический расчет указанных сумм.

Ф. В пункте 8 указывается согласованная месячная стоимость расходов на связь с судном, которую компенсирует фрахтователь. Расчет производится по формуле пропорционально затраченным дням. При этом возможны два варианта:

- если указываются средние расходы на средства связи за месяц в 30 сут., расчет выполняется по формуле: Средние расходы на средства связи за месяц в 30 дней × Число дней в аренде : 30;

- если указываются средние расходы за месяц, расчет выполняется по формуле: Средние расходы на средства связи за месяц × Число дней в аренде : 12 : 365.

Г. В графе «Balance Due to (from) Owners» автоматически представляется сумма, которую должен оплатить фрахтователь в первую арендную плату («1-st Hire on»).

### **II. Расчет последующих арендных платежей («2-nd, 3-rd, ... Hire on»).**

А. В пункте 14 «Арендные платежи» («Payments») указывается сумма, полученная на счет судовладельца.

В. Во второй графе строки «Ввод судна в тайм-чартер» («Delivery») к значению в ячейке «Дата» прибавляется то количество дней, за которое должна производиться вторая предоплата (обычно – 15 суток).

С. В случае получения нотиса о «Выводе судна из тайм-чартера» («Redelivery») во второй графе строки «Delivery» добавляется то количество дней, которое достигает указанной даты «Redelivery».

### III. Окончательный расчет арендной платы («Final Hire»).

А. В строке «Вывод судна из тайм-чартера» («Redelivery») указывается точное время вывода судна из тайм-чартера согласно нотису капитана.

В. В строках пункта 5 «Бункер при выводе из тайм-чартера» («Bunker on Redelivery») указывается количество бункера по маркам, подтвержденное сюрвейером, которое было на борту согласно нотису капитана.

С. В пункте 9 «Зачистка трюмов» («Hold Cleaning») указывается сумма, которую компенсирует фрахтователь судовладельцу за зачистку или мойку трюмов от остатков груза и сепарации.

Д. В пункте 10 «Расходы на инспекцию при вводе-выводе судна» («On-Off Hire Survey») указываются согласованные расходы на сюрвейерский осмотр судна (замеры бункера) на ввод и вывод из тайм-чартера; 50 % компенсации суммы фрахтователю рассчитывается автоматически.

Е. Заполняются другие расходы, связанные с выполнением рейса, в пунктах 11,12,13.

Ф. В графе «Расчет баланса арендной платы в пользу судовладельца (или фрахтователя)» («Balance Due to (from) Owners») автоматически рассчитывается сумма, которую должен оплатить фрахтователь по аренде судна.

Особое место в SOA занимают «Statement of Off-Hire», т.е. расчеты, связанные с тем периодом времени, в течение которого судно находилось выведенным из аренды по причинам неудовлетворительного технического состояния. В случаях, когда судно находилось вне аренды («Off-Hire»), из периода аренды вычитается то время, пока судно находилось в неудовлетворительном техническом состоянии, в связи с, например, поломкой кранов, грейферов, закрытий трюмов и т.д., а также из оплаты вычитается тот бункер, который был потрачен за это время.

Возможны следующие два типа периодов вне аренды («Off-Hire»):

1. На стоянке («Port Off-Hire»), когда не могут производиться полностью или частично грузовые операции.

2. На ходу, когда судно не может продолжать рейс по причинам, связанным с: а) неисправностью двигателя; б) невыполнением заданной скорости.

В первом случае потери времени определяются так же, как и при стоянке. Во втором случае фрахтователь заказывает у специализированных компаний т.н. «роутирование» (Weather Routing). Такие компании осуществляют проложение оптимального маршрута и следят за выполне-

нием скорости и расходов топлива на переходе [10; 11]. На основе этих данных фрахтователи рассчитывают потери времени на переходе «Time Lost as per Weather Routing» и расход бункера в период вне аренды («Bunker Consumption During Off-Hire»).

Рассмотрим последовательность расчета «Statement of Off-Hire».

А. Фрахтователь фиксирует каждый случай и причину, приведшую к состоянию судна вне аренды («Off-Hire») в порту, на переходе и суммирует все отмеченное время, в течение которого судно находилось вне аренды.

В. В электронной форме документа это время автоматически вычитается из деталей расчета периода в аренде («On-Hire Details») с соответствующим уменьшением величины арендной платы в пункте 1.

С. Отдельно в «Statement of Off-Hire» указывается бункер, который был потрачен за период времени вне аренды. Расчет производится по нормативам тайм-чартерного описания судна.

Д. В электронной форме документа расчетное количество бункера автоматически фиксируется в пункте 6 «Бункер в период вне аренды» («Off-Hire Bunker Cost»), а также в пункте 7 «Перерасход бункера на переходе» («Bunker Over Consumption During as per Weather Routing»). Выполняется калькуляция общей суммы расходов судовладельца, которые вычитаются из общей арендной платы.

Следует учесть, что в периоды вне аренды («Off-Hire»), связанные с потерями времени на стоянке по вине судна и на ходу, автоматически уменьшается брокерская и адресная комиссии, а периоды вне аренды, связанные с «роутингом» на величину комиссий не влияют.

Все расходы, связанные с «Off-Hire», проверяются судовладельцем с участием капитана и подтверждаются фрахтователю только в том случае, если они реально произошли по вине судна (с подтверждающими документами).

**Выводы.** Представленная форма и алгоритм компьютерного составления документа взаимных расчетов между судовладельцем и фрахтователем при аренде судна в тайм-чартер позволяет в автоматизированном режиме многократно выполнять расчет арендных платежей за любые желаемые интервалы времени с учетом периодов пребывания судна вне аренды. При этом одновременно производится учет всех составляющих расходов (на связь, сюрвейерский осмотр, зачистку трюмов и пр.), информация представляется в компактной форме и логичной последовательности структурных элементов, исключаются возможные ошибки и неточности, ускоряется процесс информационного обмена между сторонами.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Bes` Chartering and Shipping Terms. Eleventh edition by Norman J. Lopez. – London: Baker & Howard Ltd, 1992. – 641 p. (P. 110-111).*
2. *Gorton L. Shipbroking and Chartering Practice / Lars Gorton, Rolf Ihre, Arne Sandervärn / Fourth edition. – London: Lloyd's of London Press Ltd., 1995. – 337 p. (P. 91, 231-237).*
3. Гуревич Г.Е., Лимонов Э.Л. *Коммерческая эксплуатация морского судна / Г.Е. Гуревич, Э.Л. Лимонов. – М.: Транспорт, 1983. – 264 с.*
4. Лимонов Э.Л. *Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки / Э.Л. Лимонов. – СПб.: 000 «Модуль», 2006. – 379 с.*
5. Николаева Л.Л. *Коммерческая эксплуатация судна / Л.Л. Николаева. – Одесса: Феникс, 2006. – 754 с.*
6. Оберг Р.Р., Фафурин Н.А. *Внешняя торговля и фрахтование тоннажа / Р.Р. Оберг, Н.А. Фафурин. – М.: Транспорт, 1970. – 288 с.*
7. Стрельчук Е.Н., Лапкин А.И. *Особенности информационного взаимодействия с морскими судами при оперативном учете состояния процесса перевозки / Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова: Період. наук. зб. – Одеса, 2000. – № 1. – С. 94-98.*
8. Лапкин А.И. *Состав информации при оперативном анализе результатов работы флота / Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова: Період. наук. зб. – Одеса, 2000. – № 3. – С.104-107.*
9. Лапкин А.И. *Применение современных технологий в диспетчерском управлении работой флота / Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Вип. 9. – Одеса: ОНМУ, 2010. – С. 106-116.*
10. <https://global.weathernews.com>
11. <http://www.amiwx.com>

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2017*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету  
**О.Г. Шибасєв**

УДК 338.138

И.И. Коваленко, С.К. Чернов, Л.С. Чернова

**ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ МЕТОДИКИ  
ДИАГНОСТИКИ РИСКОВ НАУКОЕМКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*В статье проведена диагностика и исследование факторов, несущих в себе риски для инновационной деятельности наукоемких предприятий. Подход к проблеме выполнен на основе качественного анализа и оценки рисков с использованием ряда современных методов поддержки и принятия решений. Решена задача прогнозирования и количественного анализа рискообразующих факторов в динамике финансовых и технико-экономических показателей деятельности наукоемких предприятий.*

**Ключевые слова:** инновационная деятельность, рискообразующие факторы, краткосрочное прогнозирование, локально-неоднородные временные ряды.

*У статті проведена діагностика і дослідження факторів, які несуть в собі ризики для інноваційної діяльності наукоємких підприємств. Підхід до рішення проблеми виконаний на основі якісного аналізу та оцінки ризиків з використанням ряду сучасних методів підтримки і прийняття рішень. Розв'язані задача прогнозування та кількісного аналізу рискоутворюючих факторів у динаміці фінансових і техніко-економічних показників діяльності наукоємких підприємств.*

**Ключові слова:** інноваційна діяльність, рискоутворюючі фактори, короткострокове прогнозування, локально-неоднорідні часові ряди.

*The article deals with the diagnostics and research of the factors that carry risks for innovative activity of high-technology enterprises. The approach to the problem was carried out on the basis of the qualitative analysis and risk assessment using a number of modern methods of support and decision-making. The task of forecasting and quantitative analysis of risk-forming factors in the dynamics of the financial, technical and economic indicators of the activity of the high technology enterprises was solved.*

**Keywords:** innovation activity, risk-contributing factors, short-term forecasting, locally-inhomogeneous time series.

**Введение.** Инновационная деятельность наукоемких предприятий сопровождается наличием целого ряда рискообразующих факторов, представляющих совокупность процессов или явлений и способствующих возникновению того или иного вида риска.

Высокая стоимость и коммерческая ценность инновационных продуктов и услуг требует внимательного отношения ко всем составляющим инновационного цикла, начиная от выбора научных приоритетов, меха-

низмов их реализации, до стадии рыночного сопровождения. Другими словами, для действующего наукоемкого предприятия инновационная составляющая требует постоянного мониторинга и контроля ее реализации, что реализуется в рамках комплексного подхода, получившего название «риск-менеджмент» [3].

Важной задачей такого подхода является диагностика рисков (риск-диагностика), которая тесно связана с прогнозированием и анализом происхождения возможных рисков событий.

**Постановка проблемы в общем виде.** Актуальность такой задачи характеризуется тем, что множество рискообразующих факторов, присущих инновационной деятельности предприятий, определяет так называемую «слабоструктурированную проблему». Такая проблема характеризуется тем, что наряду с факторами, которые могут быть описаны количественно (например, финансово-экономические показатели), в состав указанного множества входят факторы, оценивание которых может быть выполнено только качественно, с использованием субъективных (экспертных) оценок. К числу последних, например, можно отнести такие факторы: «инновационный уровень продукции»; «интенсивность конкуренции»; «платежеспособность заказчика» и др. Получить количественные оценки перечисленных факторов крайне сложно или невозможно вообще. В тоже время их можно оценить качественно на вербальном уровне с использованием различных градаций, например, «низкий», «средний», «высокий» уровни. Все сказанное выше, определяет необходимость создания «инструментальных» средств (методик, информационных технологий) диагностики и прогнозирования поведения рискообразующих факторов в условиях их турбулентного влияния на инновационную деятельность, что приводит к появлению неопределенностей в плане наступления рисков событий.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросам диагностики, моделирования и анализа рисков посвящено большое количество научных публикаций. Так, в работе [3] рассматриваются общие задачи анализа проектных рисков. Работа [3] посвящена использованию методов вероятностного вывода в рискованных ситуациях. Результаты исследований, полученные в работах [1, 11], раскрывают возможности качественного моделирования рисков в экономике.

Здесь используются современные методы многокритериального анализа альтернатив. В работе [4] рассмотрены вопросы классификации рисков наукоемких производств при осуществлении инновационной деятельности.

В тоже время вопросам системного подхода к анализу рисков различной природы, объединенных в рамках слабоструктурированных проблем, посвящено явно недостаточное число исследований.

**Целью статьи** является разработка методик диагностики и прогнозирования рискообразующих факторов, в основе которой лежит постановка и решение задач количественного краткосрочного прогнози-



рования рядов динамики показателей деятельности наукоёмких предприятий, качественного моделирования рисков и выбора инновационных проектов.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим основные положения предлагаемой методики в соответствии с рис. Из множества факторов, характеризующих деятельность наукоёмкого предприятия, для решения задачи количественного краткосрочного прогнозирования выбран показатель «ПРИБЫЛЬ», который аккумулирует в себе все виды деятельности предприятия, определяющие его успешность или проблематичность. С этой целью в методике используется метод скользящего среднего. При этом полагается, что наукоёмкое предприятие является успешным и значения данного показателя могут быть представлены в различные временные отсчеты стационарными (однородными) рядами динамики.

Вместе с тем, нестабильность экономической обстановки может вносить искажения в стационарность таких рядов вследствие возможного появления значений, которые трактуются как «выбросы» или «всплески». Это приводит к появлению в рядах динамики локальных нестационарностей (неоднородностей). Для учета этого предложены модели, представленные симметричными и несимметричными смесями плотностей распределения вероятностей. Такие модели рассмотрены авторами в работе [8]. Причем данные модели описывают неоднородности как в базе прогноза, так и в горизонте прогноза. Для корректного анализа таких моделей в методике используются метод скользящей медианы и модифицированное скользящее среднее со встраиванием в него бутстреп-процедуры, позволяющие получать несмещенные и эффективные оценки значений прогноза. Такой анализ представлен в работе авторов [7].

Появление негативных прогнозных оценок может свидетельствовать о возможных разладах в процессах деятельности наукоёмких предприятий. Это заставляет идти по пути поиска и анализа факторов, которые могут быть рискообразующими с точки зрения их влияния на показатель «ПРИБЫЛЬ».

В методике в качестве таких факторов рассматриваются «ПОРТФЕЛЬ ЗАКАЗОВ» и «СБЫТ ПРОДУКЦИИ». Логика выбора этих показателей определяется тем, что именно они определяют благосостояние или проблемы предприятия, так как обеспечивают контракты, загрузку предприятий, финансирование, заработную плату и др.

В свою очередь, на указанные показатели может влиять целый ряд дополнительных факторов (рис. 1): интенсивность конкуренции, инновационный уровень продукции, платежеспособность заказчика и др., которые носят качественный характер и могут быть выражены в вербальных измерительных шкалах. В целом это приводит к многокритериальной задаче принятия решений, которая рассмотрена авторами в работе [6].

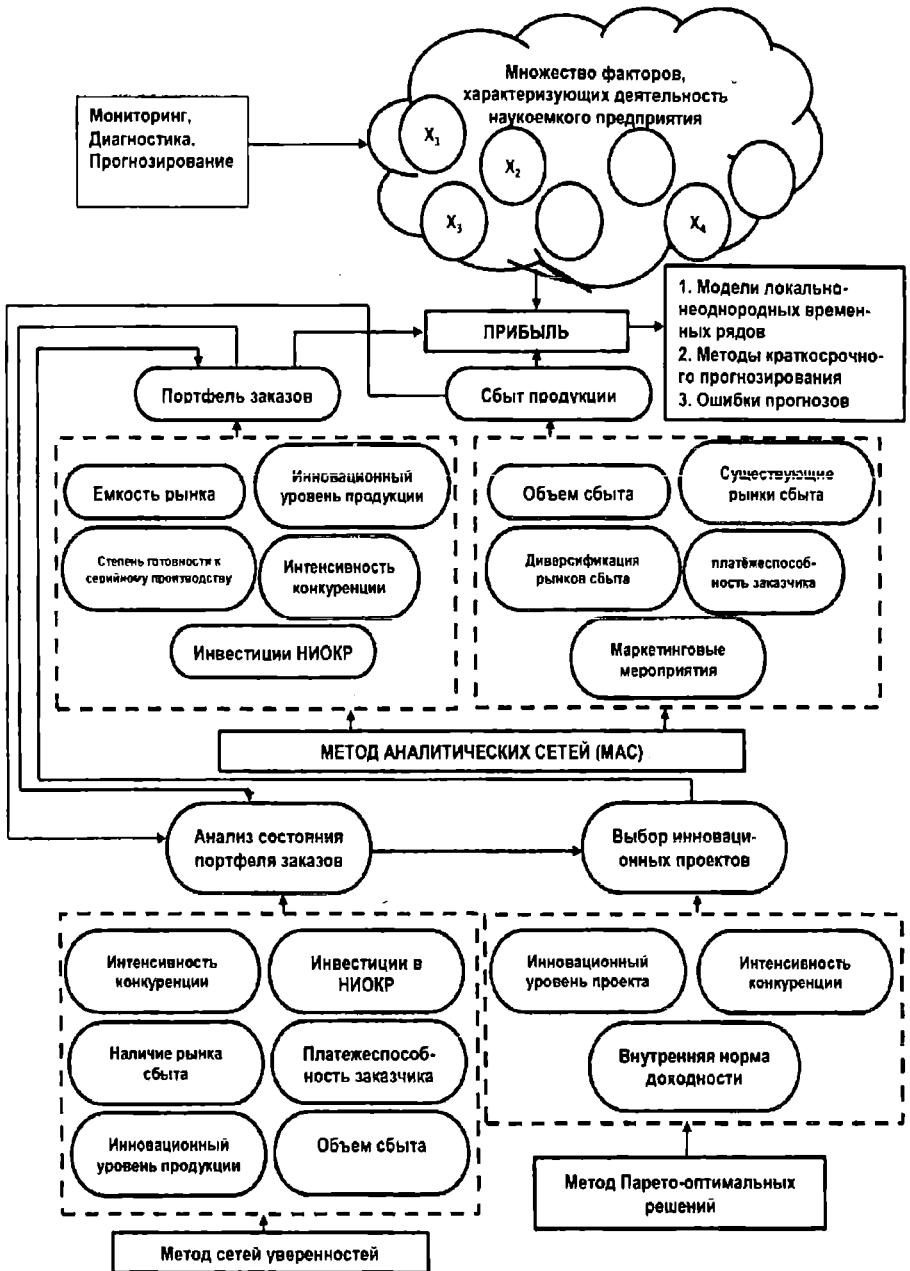


Рис. Структурно-логическое представление работы

Для решения такой задачи в методике используется метод аналитических сетей (МАС) Т. Саати [11], который позволяет определить «весовые» оценки влияния дополнительных факторов на «ПРИБЫЛЬ» и «СБЫТ ПРОДУКЦИИ» и получить их ранжировку. Это, в свою очередь, дает возможность выделить из исходной совокупности факторов те, которые являются наиболее значимыми в плане возможного рискообразования.

Однако, решение такой задачи не позволяет установить взаимосвязи между выделенными факторами, которые могут влиять на «ПОРТФЕЛЬ ЗАКАЗОВ».

Поэтому в предлагаемой методике ставится и решается задача связывания таких факторов в сеть и их оценивания с помощью безусловных и условных вероятностей, которая трактуется как задача качественного прогнозирования состояния портфеля заказов с использованием метода сетей уверенностей [2]. Данный метод позволяет оценить как априорные вероятности состояния факторов, влияющих на «ПОРТФЕЛЬ ЗАКАЗОВ», так и апостериорные их вероятности, когда в каком-либо узле сети происходит определенное событие.

Например, если в исходном (априорном) состоянии сети вероятность  $P$  в узле «ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТЬ ЗАКАЗЧИКА» равна  $P=0,7$ , то поступление информации о том, что его платежеспособность упала до  $P=0,4$ , может повлиять на вероятности объема сбыта, инвестиции в НИОКР. Это, в свою очередь, может стать причиной изменений вероятностей состояния других показателей. Например, уменьшение вероятностей финансовых вложений в НИОКР, повлияет на показатель «ИННОВАЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ПРОДУКЦИИ» и т.д.

Другими словами, если в исходном положении состояния узлов (факторов) сети описываются априорными вероятностями, то в случае наступления какого-либо события в любом из таких узлов, по специальному алгоритму выполняется перерасчет априорных вероятностей на апостериорные. Это позволит получить уже другую картину состояния сети, что в конечном итоге, дает возможность отслеживать динамику изменения вероятностных состояний рискообразующих факторов.

Полное решение данной задачи предложено авторами в работе [9].

Следующей важной задачей, которая реализуется в предлагаемой методике, является задача оптимального выбора инновационных проектов для формирования портфеля заказов (рис. 1). Она трактуется также, как задача многокритериального принятия решений. Анализ литературных источников позволил выделить три основополагающих критерия (фактора) такого выбора: «ИННОВАЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЕКТА», «ИНТЕНСИВНОСТЬ КОНКУРЕНЦИИ», «ВНУТРЕННЯЯ НОРМА ДОХОДНОСТИ». Основной проблемой для решения такой задачи является сложность в определении лучшей альтернативы (инновационного проекта), так как рассмотренные критерии являются достаточно независимыми по предпочтениям.

Для разрешения такой ситуации в методике использован метод Парето-оптимальных решений [10], позволяющий сформировать множество Парето из исходного множества альтернативных проектов и сузить его до данного элемента, который и будет представлять искомое оптимальное решение.

Решение рассмотренной задачи дано в работе авторов [5]. Следует отметить, что все рассмотренные задачи можно решать не только в соответствии с предложенной в работе логической последовательностью, но и автономно.

**Выводы.** В работе рассмотрен один из возможных подходов для решения задач диагностики и прогнозирования рискообразующих факторов количественного и качественного характера, присутствующих в инновационной деятельности наукоемких предприятий. Для решения задачи рассмотренных в рамках предложенной методики, использованы современные методы прогнозирования и поддержки принятия решений. В целом, данная методика может быть трансформирована в информационную технологию, которая войдет в состав автоматизированных систем риск-менеджмента наукоемких предприятий.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрейчиков А.В. *Качественное моделирование рискованных ситуаций в экономике* // *Вестник машиностроения*. – 2004. – № 6. – С. 69-76.
2. Борисов А.Н., Ужга-Ребров О.И., Савченко К.И. *Вероятностный вывод в интеллектуальных системах*. – Рига, 2002. – 214 с.
3. Грачева М.В. *Анализ проектных рисков*. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999. – 216 с.
4. Каменская Н.Ю. *Вопросы классификации рисков наукоемких производств при осуществлении инновационной деятельности* // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2011. – № 2. – С. 237-240.
5. Коваленко И.И., Чернова Л.С. *Выбор инновационных проектов на основе парето-оптимальных решений* // *Проблеми інформаційних технологій*. – 2016. – № 1. – С.214-218.
6. Коваленко И.И., Чернова Л.С. *Применение сетей уверенности для моделирования рисков в инновационной деятельности предприятий* // *Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб.* – 2016. – № 128. – С. 83-88.
7. Коваленко И.И., Чернова Л.С. *Модифицированный метод скользящего среднего в задачах краткосрочного прогнозирования показателей наукоемких предприятий* // *Вісник НТУ «ХПИ»*, 2016. – № 2(1174). – С. 58-61.

8. Коваленко И.И., Чернова Л.С. Анализ методов краткосрочного прогнозирования локально-неоднородных рядов динамики наукоемких предприятий // *Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць.* – 2015. – № 4(56). – С.33-40.
9. Kovalenko I. I., Chernova Lb. S. An approach to the forecast of the key performance indicators of the high technology enterprises operations // *Вісник ОНМУ.* – 2015. – № 4(46). – С. 162-169.
10. Ногин В.Д. *Принятие решений при многих критериях.* – СПб.: Изд-во «ЮТАС», 2007. – 104 с.
11. Саати Т. *Принятие решений при зависимостях и обратных связях.* – М.: Изд-во «ЛКИ», 2008. – 360 с.

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2017*

#### **Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Інформаційних управляючих систем і технологій Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **К.В. Кошкін**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **С.Б. Приходько**

УДК 621.431.74

А.В. Шамов, Б.В. Смажило, Р.В. Котенко, А.В. Кобзарук

## ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

*Предложены методы управления виртуальными проектно-ориентированными предприятиями. Это позволяет визуально рассматривать движение в сформированном пространстве проектно-ориентированного виртуального предприятия при реализации его портфеля проектов.*

**Ключевые слова:** проектно-ориентированное виртуальное предприятие, стратегическая цель, пространство, свертка показателей, движение.

*Запропоновані методи управління віртуальними проектно-орієнтованими підприємствами. Це дозволяє візуально розглядати рух в сформованому просторі проектно-орієнтованого віртуального підприємства при реалізації його портфеля проектів.*

**Ключові слова:** проектно-орієнтоване віртуальне підприємство, стратегічна мета, простір, згортка показників, рух.

*The methods of management of virtual project oriented enterprise was presented. It allows visually consider the formed space of project oriented virtual enterprise in realization of its project portfolio.*

**Keywords:** project-oriented virtual enterprise, strategic aim, space, convolution indicators, movement.

**Введение.** С каждым годом наблюдаются тенденции повышения конкуренции на рынке, изменяется конъюнктура, возникают новые требования и запросы потребителей, а также растет значение степени применения новых информационных и коммуникационных технологий.

Изменения, которые преобразуют наш мир, вынуждают предприятия быстро реагировать и адаптироваться к новым условиям и влекут развитие новых форм организации и управления предприятием. Например, в источниках литературы, начиная с 90-х годов прошлого века можно встретить такие термины, как «безграничные предприятия», «расширенные предприятия», «сетевые предприятия» и наиболее чаще употребляемый термин «виртуальное предприятие». Это одна из перспективных и востребованных форм организации предприятия в настоящее время. В целом, под виртуальным предприятием можно понимать динамическую открытую бизнес-систему, основанную на формировании юридически независимыми предприятиями единого информационного пространства с

целью совместного использования своих технологических ресурсов для реализации всех этапов работ по выполнению проекта (заказа клиента) от источников первичного сырья до сдачи продукции конечному потребителю [1]. Таким образом, многие виртуальные организационные формы имеют временный характер функционирования. Однако, понятие «временный» не говорит о том, что виртуальное предприятие расформируется после завершения проекта. Оно может работать и на постоянной основе и осуществлять выполнение различных рыночных заказов в виде портфеля проектов

Примеры из бизнеса доказывают, что одной из эффективных форм управления предприятиями считается проектно-ориентированное управление. Как известно проект может рассматриваться в виде временной организации. Таким образом, виртуальные предприятия по своей природе и особенностям работы имеют много общего с проектами и к ним в полной мере можно применять методы управления проектами и управления портфелями проектов.

Дальнейшее развитие виртуальных предприятий требует развития соответствующих методов управления, учитывающих их особенности.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Теория стратегического управления рассматривает развитие любой организации как процесс целенаправленного движения в направлении сформулированных стратегических целей [2]. При этом проекты, реализуемые организацией, зачастую рассматриваются в качестве движущих сил (драйверов) [3]. На основании данных гипотез, авторами работы [4] предлагается изучать закономерности движения организации в пространстве, сформированном стратегическими целями организации, методами полевой физики [5].

**Целью исследования** является описание в общем виде оригинального подхода управления виртуальным предприятием при реализации его портфеля проектов (заказов).

**Основной материал исследования.** Говоря о виртуальных предприятиях, следует сказать, что само понятие «виртуальное предприятие» имеет метафорический характер, так как на самом деле мы можем наблюдать их базовые физические структуры и элементы в нашем мире. Поэтому, можно говорить больше об интенсивном взаимодействии и коммуникациях между реально существующими специалистами и различными подразделениями разных предприятий в виртуальном (сетевом) пространстве, которое в настоящее время реализуется с помощью и на основе новейших информационных и коммуникационных технологий и платформ. Такое взаимодействие позволяет повысить уровень коопераций и коммуникаций между предприятиями, что в конечном итоге повышает их конкурентоспособность, спрос на их продукцию и позволяет получить большую прибыль [6]. Следует сказать, что раньше потребителя ориентировали под производство и под продукцию, которую оно производит, то в настоящий момент ситуация поменялась и теперь уже предприятия под-

страиваются под запросы потребителя. Виртуальным предприятиям как раз присуща ориентация на заказчика, высокая скорость выполнения заказа и полнота удовлетворения требований клиента. С включением заказчиков и исполнителей в единую открытую организационную структуру границы между взаимодействующими предприятиями становятся довольно нечеткими, прозрачными и подвижными [7], как показано на рис. 1 в работе [8]. При этом наблюдается возрастание уровня партнерских отношений между поставщиками и клиентами, так как преуспевание одних есть необходимое условие преуспевания других. На сегодняшний момент поставщики все активнее участвуют в начальной разработке новых продуктов, услуг и даже стратегий предприятия, что является взаимовыгодным. В данном случае, производственная функция может смещаться на более ранние стадии и выполняться одним из поставщиков. Как пример можно привести производителей интегральных схем, которые сейчас выполняют ряд функций, ранее присущих разработчикам компьютеров [6; 7].

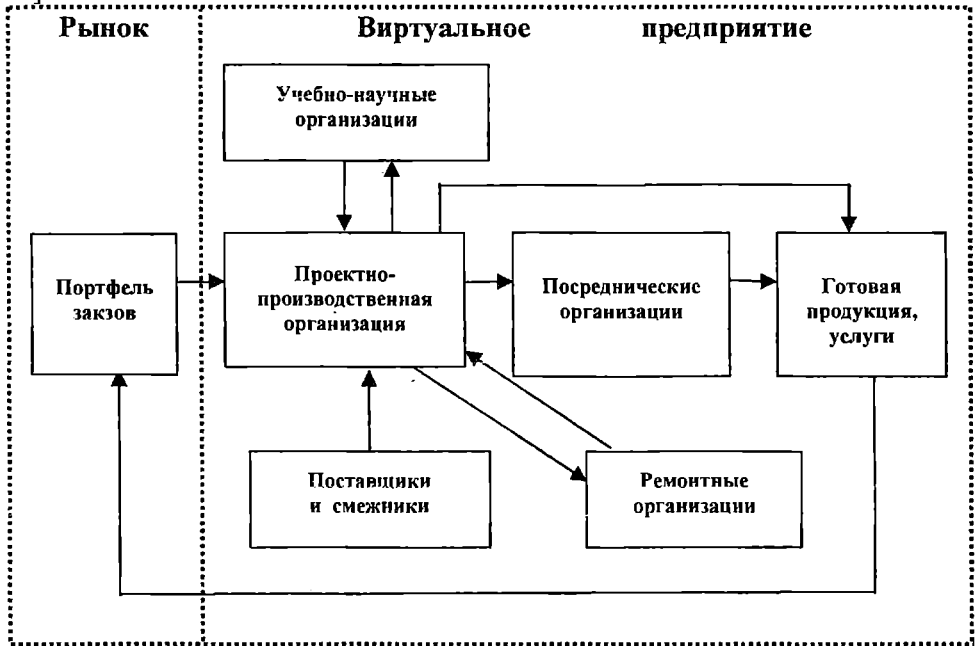


Рис 1. Схема функционирования виртуального предприятия [8]

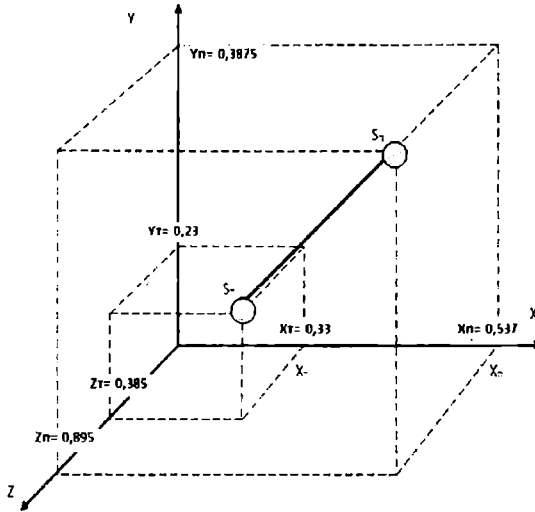
Эффективное управление виртуальными производствами, которое учитывало бы их особенности, является одной из сегодняшних проблем. В отличие от традиционных предприятий с их иерархической структурой, виртуальные предприятия имеют в большинстве случаев горизонтальные связи и структуру. При управлении виртуальным предприятием возникают вопросы как можно показать и определить состояние виртуального



предприятия и как можно им управлять. Насколько изменилось это его состояние после реализации проекта или портфеля проектов (заказов).

Довольно часто, при описании движения любого объекта используется пространство. В полевой физике под пространством понимают абсолютно абстрактное логическое понятие, придуманное человеком, которое как своеобразная «тетрадь» используется людьми для отражения соотношения, расположения и движения объектов. При этом пространство как таковое никак не может влиять на физические процессы, как и не может быть подвержено влиянию. Выбор того или иного эталона длины, типа геометрии или сетки координат определяется исключительно вопросами удобства [5].

Итак, для того чтобы описать движение (изменение состояния) виртуального предприятия, необходимо на первом этапе определить его целевое пространство [9]. В нашем случае пространство формируется множеством целевых показателей, принятых согласно стратегии виртуального предприятия. Любая деятельность носит целенаправленный характер. Видов деятельности у организации, как правило, несколько, поэтому и целей может быть несколько. Отмеченное свидетельствует о том, что цели организации могут лежать в нескольких пересекающихся плоскостях, причем точка пересечения указанных плоскостей в общем виде будет отражать место нахождения совокупной (интегральной) цели организации. Оперировать с таким многомерным пространством очень сложно. Поэтому для сокращения размерности задачи следует использовать какие-либо известные методы свертки целевых параметров и приведение многомерного к трехмерному пространству, привычному для нас из естественных наук. Некоторые учёные, например, И. Грекова, Г.В. Мильнер и другие считают некорректным использование таких показателей и аргументируют это тем, что само качественное различие целевых параметров не дает достаточной степени объективности при приведении их к единому количественному показателю. При создании такого показателя, охватывающего большую совокупность конкретных объектов измерения, неизбежно возникает субъективный подход. В тоже время отказ от свертки приводит к тому, что пространство станет настолько многомерным, что реализовать разработанную модель при решении практических задач окажется невозможным. При решении нашей задачи предлагается использовать метод линейного масштабирования, основанный на определении референтных точек: максимальных ( $P_{max}$ ) и минимальных ( $P_{min}$ ) значений показателей. Обработка результатов экспертных оценок проводилась по методике, изложенной в работе [10], где разработанный метод масштабирования и свертки целевых показателей, на основании оригинальной обработки результатов экспертных оценок, позволяет построить пространство виртуального предприятия в виде единичного куба. То есть мы можем визуально наблюдать  $S_1$  фактическое и  $S_2$  желаемое состояние виртуального предприятия в единичном кубе пространства, как показано на рис. 2.



*Рис. 2. Состояние и движение виртуального предприятия в единичном кубе пространства*

Методика определения целей и формирования пространства подробно изложена в работах [9,10]. Так, например, мы можем определить минимальные и максимальные значения по оси X

$$x_{min} = \sum_{i=1}^{i=4} [(P_x^i)_{min} \alpha_i] \quad (1)$$

$$x_{max} = \sum_{i=1}^{i=4} [(P_x^i)_{max} \alpha_i] \quad (2)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент весомости.

По тому же самому алгоритму определяются значения  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$ ;  $Z_{min}$ ,  $Z_{max}$ .

С целью определения в пространстве текущего положения виртуального предприятия можно использовать методы линейного масштабирования

$$X^T = \frac{X^T - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (3)$$

$$X_T = 1 - \frac{X^T - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (4)$$

где 
$$X^T = \sum_{i=1}^{i=4} [P_i^T \alpha_i] \quad (5)$$

При этом формула (3) используется в случае, если рост  $i$ -го показателя улучшает состояние организации, а формула (4) – в противном случае. Аналогично определяются текущие координаты по осям  $Y$  и  $Z$  (см. рис. 1). В результате получаем пространство единичный куб. Путь, пройденный виртуальным предприятием из точки 1 с координатами  $(x_1, y_1, z_1)$  в точку 2 с координатами  $(x_2, y_2, z_2)$ , определяется выражением

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (6)$$

Таким образом, для построения целевого трехмерного пространства виртуального предприятия, необходимо определить стратегию и SMART – цели. Представляет интерес принцип разделения целей на три взаимосвязанных вида организационных целей, предложенный А.И. Пригожиным, это цели-задания, цели-ориентации и цели-системы. Опрос экспертов, в состав которых вошли ведущие специалисты виртуального предприятия, позволяет сформулировать стратегические цели виртуального предприятия на год. Например, были получены следующие значения стратегических целей, представленных в таблице 1 и которые используются для построения трехмерного пространства, которое показано на рис. 3.

Таблица 1

*Стратегические цели виртуального предприятия*

Но-мер	Наименование целевого показателя	Обо-значения	Ед. изм.	Мин. знач.	Макс. знач.	Ко-эф. вес	Текущ. знач.	Желае-мое				
1	Цели-задания	$X$		0	1							
1.1	Суммарный доход за год увеличить на 50 %	$Rx_1$	грн.	0	500000000	0,5	200000000	300000000	0,4	0,2	0,6	0,3
1.2	Увеличить коэффициент загрузки доков в два раза	$Rx_2$		0	1	0,2	0,3	0,6	0,3	0,06	0,6	0,12
1.3	Снизить коэффициент износа причальных и доковых сооружений	$Rx_3$		1	0	0,2	0,8	0,64	0,2	0,04	0,36	0,072
1.4	Увеличить объем производства по программам машин	$Rx_4$	грн.	0	100000000	0,1	30000000	45000000	0,3	0,03	0,45	0,045

$$X_T = 0,33$$

$$X_H = 0,537$$

*Продолжение табл. 1*

Но-мер	Наименование целевого показателя	Обо-значения	Ед. изм.	Мин. знач.	Макс. знач.	Коеф. вес	Текущ. знач.	Желае-мое				
2	Цели-ориентации	Y		0								
2.1	Увеличить среднюю з/п сотрудников на 25 %	$P_{y1}$	грн.	0	10000	0,5	3000	3750	0,3	0,15	0,375	0,1875
2.2	Увеличить количество сотрудников завода на 10%	$P_{y2}$	л	500	2000	0,3	900	1000	0,266667	0,08	0,333333	0,1
2.3	Повысить квалификацию половины сотрудников завода	$P_{y3}$	чел.	0	1000	0,2	0	500		0	0,5	0,1

$$Y_T = 0,23$$

$$Y_{\Pi} = 0,3875$$

Но-мер	Наименование целевого показателя	Обо-значения	Ед. изм.	Мин. знач.	Макс. знач.	Коеф. вес	Текущ. знач.	Желае-мое				
3	Цели-системы	Z		0	1							
3.1	Сократить в 3 раза количество ИС	$P_{z1}$		20	0	0,7	9	3	0,55	0,385	0,85	0,595
3.2	Реконструировать систему отопления помещений завода	$P_{z2}$		0	1	0,3	0	1	0	0	1	0,3

$$Z_T = 0,385$$

$$Z_{\Pi} = 0,895$$

Кроме самой деятельности виртуального предприятия и реализации его проектов, на достижение целей оказывает внешняя среда. С целью определения характеристики среды прогнозируем изменения состояния организации при условии невыполнения ни одного проекта в течение года. Результаты моделирования движения организации удобно представить в табличной форме (см. табл. 2), где в качестве шага счета принимаем 1 месяц.

*Таблица 2*

*Определение изменения положения организации без учета деятельности*

t	0	1	2	3	...	11	12
X	$X_t^0$	$X_t^0$	$X_t^0$	$X_t^0$		$X_t^{11}$	$X_t^{12}$
Y	$Y_t^0$	$Y_t^0$	$Y_t^0$	$Y_t^0$		$Y_t^{11}$	$Y_t^{12}$
Z	$Z_t^0$	$Z_t^0$	$Z_t^0$	$Z_t^0$		$Z_t^{11}$	$Z_t^{12}$

На основании этих данных с помощью пакета EXCEL определяются аппроксимирующие зависимости

$$S_X = f(t)$$

$$S_Y = f(t)$$

$$S_Z = f(t)$$

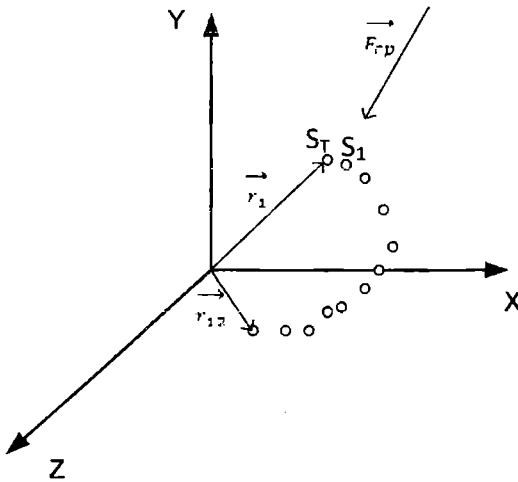


Рис. 3. Свободное движение организации

То есть можно говорить о том, что движение виртуального предприятия к своим целям происходит при воздействии среды, которая может, как благоприятствовать движению в заданном направлении, так и препятствовать ему. Аналогом данной категории в полевой физике выступает категория «полевая среда», принципиально отличная от классической физической категории «поле». Аппроксимация кривой изменения  $s = f(t)$  полиномом второго порядка, и ее двойное дифференцирование по  $t$  позволяет определить величину «ускорение свободного падения» виртуального предприятия, как основную характеристику среды.

Далее, можно составить энергетические балансы планируемых заказов-проектов виртуального предприятия (ВП) по аналогии с методикой, изложенной в работе [11]. Рекомендуется расчет баланса выполняться в следующей последовательности:

1. Для всех ресурсов ВП заполняем колонки 2 и 3 таблицы 3.

2. Находим внутреннюю энергию ВП как сумму относительных стоимостей ее ресурсов

$$E'_{орг} = \sum_{i=1}^I N_i \cdot m_i \quad (7)$$

3. Для каждого из проектов, включенных в потенциальный портфель, составляем его энергетический баланс. При этом в таблицу 3 заносятся только те ресурсы, которые задействованы в проекте, либо дополнительно появятся в ВП после его завершения.

Таблица 3

*Энергетический баланс проектно-ориентированной организации*

Наименование показателей	До реализации портфеля			После реализации портфеля		
	2	3	4	5	6	
Ресурс 1	$N'_1$	$m'_1$	$E'_1$	$N''_1$	$m''_1$	$E''_1$
Ресурс 2	$N'_2$	$m'_2$	$E'_2$	$N''_2$	$m''_2$	$E''_2$
.....						
Ресурс I	$N'_I$	$m'_I$	$E'_I$	$N''_I$	$m''_I$	$E''_I$
Внутренняя энергия	$E'_{орг}$			$E''_{орг}$		
Сумма работ проектов портфеля				$\sum A_{пр}$		
Приращение энергии	$\Delta E = A_{пр} + (E''_{орг} - E'_{орг})$					

4. Выполняется расчет изменения массы и значений целевых параметров (состояния) ВП в результате реализации  $j$ -го проекта.

5. Работа  $j$ -го проекта по перемещению ВП в пространстве (рис. 4)

$$A_j = g_{ср} \cdot M'_{орг} \cdot S_j \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

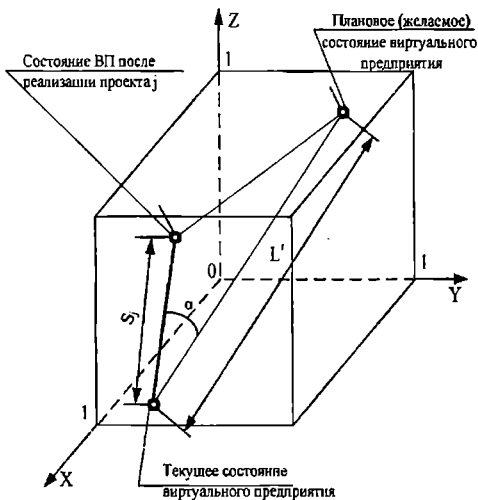


Рис. 4. Расчетная схема движения проектно-ориентированного виртуального предприятия (ВП)

Энергетический баланс проекта

Наименование показателей	Пассив			Актив		
	2	3	4	5	6	7
1						
Ресурс 1	$N'_1$	$m'_1$	$E'_1$	$N''_1$	$m''_1$	$E''_1$
Ресурс 2	$N'_2$	$m'_2$	$E'_2$	$N''_2$	$m''_2$	$E''_2$
.....						
Ресурс J	$N'_J$	$m'_J$	$E'_J$	$N''_J$	$m''_J$	$E''_J$
Внутренняя энергия проекта	$E'_{np} = \sum E'_J$			$E''_{np} = \sum E''_J$		
Работа проекта				$A_i$		
Приращение энергии	$E = A_i + (E'_{np} - E''_{np})$					
Коэффициент эффективности	$K_{np} = \frac{\Delta E}{E'_{np}}$					

где  $S_j$  – расстояние от текущего состояния организации до целевого;

$g_{cp}$  – коэффициент, учитывающий состояние среды. Данный коэффициент является аналогом величины ускорения свободного падения в механике.

Метод определения величин  $S_j$  и  $g_{cp}$  подробно описан в работе [12].

6. Поскольку в процессе реализации проекта ВП использует не только собственную внутреннюю энергию, а и энергию среды (всех сторон проекта) энергия ВП не будет сбалансирована на величину приращения энергии  $\Delta E$ . Следует обратить внимание, что величина  $\Delta E$  может быть как положительной (если среда способствует реализации проекта), так и отрицательной.

7. По аналогии с коэффициентом полезного действия теплового двигателя коэффициент эффективности  $K_{np}$  проекта составит отношение приращения энергии к затраченной внутренней энергии (бюджету) проекта. Отличие состоит в том, что коэффициент эффективности проекта может принимать значения больше единицы. При этом, если  $K_{np} < 1$ , то проект следует признать неэффективным.

Процесс формирования эффективного портфеля проектов заключается в отборе из пула потенциальных проектов множества проектов последующих для реализации ВП. Используя метод энергетических балансов данную задачу можно сформулировать следующим образом. Пусть виртуальное предприятие владеет  $i$  видами ресурсов в количестве

$N_i$  и в пространстве целевых координат находится в точке  $S_i$ . Из пула потенциальных проектов в организации следует отобрать портфель проектов, реализация которых в запланированный промежуток времени максимально приблизит организацию к точке желаемого состояния  $S_2$  (рис. 4.). Данные по проектам представляются в виде их энергетических балансов. Данную задачу можно решить методами линейного программирования. Математическая модель задачи выглядит следующим образом.

1. Исходные данные:

$X_j$  – процент выполнения работ по  $j$ -у проекту;

$R_{ij}$  – расход  $i$ -го ресурса на реализацию  $j$ -проекта;

$\bar{S}_j$  – проекция на ось по прямой, соединяющей текущее и стратегическое состояние организации, вектора перемещения вследствие успешной реализации проекта;

$N_i$  – располагаемое количество ресурсов  $i$ -го вида;

2. Целевая функция

$$S = \sum_{j=1}^J x_j \bar{S}_j \rightarrow \max . \quad (9)$$

3. Ограничения:

- по каждому из видов ресурсов

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{ij} \leq N_{ij} ;$$

- по значениям переменных

$$X_{j \min} \leq X_j \leq X_{j \max} .$$

Граничные условия переменных определяются особенностями проектов. В частности, можно рассматривать случай, когда переменные принимают лишь два значения «0» – («проект отклонен») и «1» – («проект включён в портфель»). Если условия позволяют завершить выполнение работ в следующем плановом периоде, то задаётся  $X_j \leq 1$ . В некоторых случаях под  $X_j$  понимается производственная программа организации по выпуску какой-либо продукции. Тогда  $X_{j \min}$  определяется договорными обязательствами на момент формирования эффективного портфеля проектов, а  $X_{j \max}$  – маркетинговым анализом.

Ещё одним ограничением, которое следует учитывать в данной модели, является условие сохранения внутренней энергии организации на уровне, необходимом для продолжения функционирования и сохранения жизнедеятельности компании. Другими словами,  $E_{орг}^n > E_{орг}^{\min}$ . Мини-



мальное значение внутренней энергии определяется экспертным методом.

Решение задачи формирования эффективного портфеля проектов выполняется симплекс-методом с использованием стандартных программных средств (например, пакета «ПЭР – пакет экономических расчётов»).

В общем виде управление виртуальным предприятием можно представить как изменение его состояния от реализации портфеля проектов (заказов). Другими словами виртуальное предприятие, при реализации каждого из проектов портфеля, движется в пространстве к намеченным целям, как показано на рисунке на рис. 5.

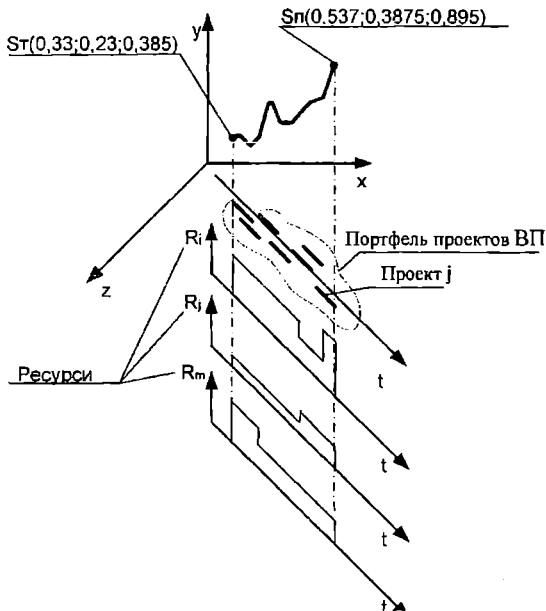


Рис. 5. Портфельное управление виртуальным предприятием (ВП)

**Выводы.** Использование оригинальной методики, рассмотренной в статье, позволяет качественно описать состояние и движение виртуально предприятия в сформированном пространстве. Кроме того в дальнейшем это позволяет решать ряд прикладных задач управления проектно-ориентированными виртуальными организациями, а именно: расчет параметров среды; ранжирования проектов в портфеле; формирование эффективного, с точки зрения достижения стратегических целей.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 660 с.
2. Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1993. – 187 с.

3. Ярошенко Р.Ф. Моделі класу «рушійні сили-опір» в управлінні фінансуванням та впровадженні проектів: Автореф. дис. / Ярошенко Руслан Федорович. – К., 2009. – 19 с.
4. Шахов А.В., Шамов А.В. Моделирование движения организации в целевом пространстве. / Управление развитием сложных систем: Зб. наук. праць. – К.: Вид-во КНУБА ім. В.Даля, 2011. – №7. – С. 68-73.
5. Репченко О.Н. Полевая физика или как устроен мир. – М.: Галерея, 2008. – 318 с.
6. Балабанов И.Т. Интерактивный бизнес. – СПб.: Питер, 2001.
7. Козье Д. Электронная коммерция: Пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская редакция», 1999.
8. Бугорский В.Н., Соколов Р.В. Сетевая экономика и проектирование информационных систем. – СПб.: Питер, 2007. – 320 с.
9. Шамов А.В. Метод формирования целевого пространства движения проектно-ориентированных организаций / А.В. Шамов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 2. – С. 121-126.
10. Руденко Е.С. Обработка результатов экспертных оценок предприятиями / Е.С. Руденко, А.В. Шамов // Проблемы техники: научно-производческий журнал ОНМУ. – Одесса, 2013. – № 2. – С. 52-57.
11. Шахов А.В. Модель энергетического баланса в управлении проектно-ориентированными организациями / А.В. Шамов, А.В. Шахов // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Одесса, 2013. – № 2(38). – С.11-17.
12. Шамов А.В. Оценка эффективности портфеля проектов судоремонтной проектно-ориентированной организации / А.В. Шамов // Тези доп. IX наук.-практ. конф. «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 379-381.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2017

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету  
**А.В. Шахов**

UDC 005.8

Varvara M. Piterska

**MODELING OF INNOVATION ACTIVITY OF KNOWLEDGE-BASED ENTERPRISES  
BASED ON PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGY**

*The article describes the modeling process of innovation activity of knowledge-based enterprises based on project management methodology. As for the innovative project is a project that includes technical, economic, legal and organizational ultimate justification of innovative activity. The result of an innovative project is the development of document includes a detailed description of product innovation, justify its viability, necessity, opportunity and attract investment forms, information on deadlines, executors and takes into account the organizational and legal aspects of its promotion. It should be noted that the success of innovative projects depends on a clear definition of goal setting of motivational activities of the project team, providing control functions on the results of the project, development of the concept of interaction of stakeholders within the project-oriented knowledge-based organization.*

**Keywords:** *innovative project, innovation, project-oriented organization, methodological, project management.*

*У статті описується процес моделювання інноваційної діяльності наукомістких підприємств на основі методології управління проектами. Що стосується інноваційного проекту, то це проект, який включає технічне, економічне, юридичне і організаційне обґрунтування інноваційної діяльності. Результатом інноваційного проекту є розробка документа, що включає докладний опис інноваційної продукції, обґрунтування його життєздатності, необхідності, можливості залучення інвестицій, інформації про терміни виконання, виконавців, враховуючи організаційні та правові аспекти просування проекту. Слід зазначити, що успіх інноваційних проектів залежить від чіткої постановки цілей мотиваційної діяльності проектної групи, забезпечення контрольних функцій за результатами проекту, розробки концепції взаємодії зацікавлених сторін в рамках проектно-орієнтованої наукомісткої організації.*

**Ключові слова:** *інноваційний проект, інновації, проектно-орієнтована організація, методологія, управління проектами.*

*В статье описывается процесс моделирования инновационной деятельности наукоёмких предприятий на основе методологии управления проектами. Что касается инновационного проекта, то это проект, который включает техническое, экономическое, юридическое и организационное обоснование инновационной деятельности.*

*Результатом инновационного проекта является разработка документа, включающего подробное описание инновационной продукции, обоснование его жизнеспособности, необходимости, возможности привлечения инвестиций, информации о сроках исполнения, исполнителях, учитывая организационные и правовые аспекты продвижения проекта. Следует отметить, что успех инновационных проектов зависит от четкой постановки целей мотивационной деятельности проектной группы, обеспечения контрольных функций по результатам проекта, разработки концепции взаимодействия заинтересованных сторон в рамках проектно-ориентированной наукоёмкой организации.*

*Ключевые слова: инновационный проект, инновации, проектно-ориентированная организация, методология, управление проектами.*

**Introduction.** The model of innovation development must have the ability to self-adjust, that is, in time it must respond to signals from the internal and external environment. Innovative processes are complex of nonlinear, dynamic processes, that predetermines the identification of key factors, key regularities, and the construction of cognitive verbal models as the basis for further mathematical modeling. The foregoing also encourages the construction of ambiguous forecast models. We can talk about possible scenarios and trends in the development of events. The notion of an economic model was quite fully disclosed by E. Kane [1; 2]. The economic model is a logical description of the factors, that the economic theory considers to be of particular importance in the study of this problem, based on a priori analysis. The model is able to answer the questions that relate to the explanation of a particular phenomenon or its prediction. Usually the model has the form of a system of equations characterizing the interdependencies identified by the researcher between more or less well-verifiable variables. Such a system combines definitions, theoretical assumptions about economic behavior and the conditions of balance, that together gives the possibility of obtaining of certain answers to questions posed by the economist. Models are deliberately simplified, each has meaning only within a limited range of issues, and even within these limits can serve as a basis only for approximate judgments. Model building is a creative process that has two main stages: the exclusion of those elements with respect to which it can be assumed that they will be atypical particulars, and explicitly identifying all the dependencies between the economic variables under consideration and establishing their logical structure.

**Analysis of the main achievements and literature.** The principle of self-improvement is important, which means correction based on monitoring of changes occurring in society, risk assessment and innovation diagnostics results [3].

First, let us focus on the construction of a verbal model of the innovative development of industry. Extrapolation of patterns of economic recession allowed to expect a decline in national income in the 90s by no more than 10 %, and not twice, as it actually happened.

The scientific work [4] shows the dynamics of macroeconomic indicators over a 30-year period, where the prerequisites for reducing production in Ukraine are explained.

The achievements of scientific and technological progress not only did not compensate for the decrease in the extensive factors of the growth of the national income, but also could not prevent the catastrophic reduction of the national battle. Meanwhile, if resource-saving technologies were used at the level of advanced countries, then the scale of consumption of natural resources could be reduced by no less than 30-40 %. Then the reduction of natural resources would be compensated by the accumulation of property.

Three characteristic features of the centralized planning system determined her immunity to the achievements of scientific and technological progress.

The centralized management system suppressed the initiative and especially entrepreneurship. Economic growth was focused on increasing production volumes, which did not contribute to improving quality and saving production costs. In addition, such an economy by its nature was inevitably costly and therefore rejected resource-saving technologies. In a scarce economy, there was no market competition. On commodity markets there were no real incentives to struggle for high quality, low production costs and prices, environmental friendliness of goods. The scarcity of the labor force and the lack of competition in the labor market, standardly low wages deprived labor of quality motivation. Absence of competition in the financial market (state capital investments were distributed irrevocably and without interest) generated a deficit of capital investments.

Conclusion on the immunity of the centralized planning system to the achievements of scientific and technological progress should be supplemented by the fact that a significant part of domestic products was produced at the highest technical level. We are talking about defense products, the high technical level of which was confirmed not only by its internal customers, but also by the world market, as well as by special studies of American and other foreign specialists.

A high level of domestic defense technology was the result of external competition with foreign counterparts. Before the creators of domestic military equipment, the task was set in a short time, but by almost any means to cover certain values of specific parameters of the foreign production armaments. Since the funds for the development of military equipment were almost not limited, assignments were usually received by several groups of developers. Thus, in the field of defense technology, there was not only external, but also internal, very tough competition.

The system of defense orders was endowed with the highest state priorities.

The general economic backwardness did not concern the defense industry. Therefore, the lag in the field of electronics almost did not affect the defense industry: by special acceptance for defense orders only the best products were selected. This was also a unique competition of quality.

**Research aim and task.** The development of project-based approach to modeling of innovation organization is the aim of this research.

Examination of the basic principles of innovative project and development on the basis of innovative methodological foundations of project-oriented organizations is the task of the article.

**Materials of research.** Obviously, it was impossible to extend such a system to the whole industry.

So, the centralized planning system, on one hand, received less and less additional resources of labor, capital and natural resources, and on the other – proved to be non-innovative in nature, rejected scientific and technological progress – the only factor capable of supporting in modern conditions Stably high rates of economic growth.

To overcome backwardness, it is necessary to find sources of economic growth. World experience shows that there are not so many of them. One of the sources is the cost of labor. The lower the cost of labor, the greater the difference (profit) between costs and results. But here there are two limitations: significant foreign investment and the inability of low-caliber workers to produce more and more new products, diversify production. On this way, the countries of South-East Asia went to build up the initial capital. Another source is the more intensive use of existing natural resources. Many countries have achieved a high standard of living thanks to the so-called «petrodollars». You can make a profit, and even additional, by placing on its territory environmentally harmful production. Post-socialist countries and the «third world» countries can be «proud of» this.

It is impossible not to mention the innovative source. Here the difference between the results that are obtained from scientific and technical and other innovations, and the costs for them are very significant. On this path are developed countries, and our society has all the prerequisites to orientate on it. Moreover, we do not have significant energy resources. The use of existing natural resources, such as coal, is unprofitable because of prolonged exploitation, but at this stage it is necessary. Thus, the formation of an innovative state policy should be a top priority.

In the transformation period, the role of knowledge, experience of management inherent in a market economy is great. The knowledge of managerial personnel of post-Soviet enterprises turned out to be inadequate. The managers of socialist enterprises could not possess such knowledge, if only because no one taught them this. The composition of leading cadres and specialists was compiled according to specific criteria, the main one of which was the unconditional fulfillment of the instructions of the center (the higher body).

The initiative was allowed within certain limits, in the basic in the field of overfulfilment, improvement of the specified parameters. New knowledge, let's call it humanitarian capital, is of the utmost importance. The accumulation of new knowledge requires money and time.

Even in the eastern lands of Germany (ideal conditions for transformation processes in terms of investment size and knowledge transfer in comparison with Ukraine), according to experts, it takes 5-6 years for the accumulation of humanitarian capital. In Ukraine, taking into account the rate of accumulation of humanitarian capital, it will take at least 15-20 years. In other words, until a new generation change comes to management and until it acquires (by trial and error) new practical knowledge.

Innovative activity in market conditions is also supplemented by the availability of private ownership of innovation-intellectual property and financial resources, which gives flexibility and maneuverability to the system.

When modeling the activities of a project-oriented organization, it should be noted that knowledge, that is, innovation, is the main source of economic growth. Investments in the first place serve the process of updating technology. The driving impulse comes from the forces of competition, both internal and external. Thus, the change in the paradigm of economic growth in the direction from the first scheme to the third through the second scheme became an objective necessity [5].

The transition to the market exposed the shortcomings of the Ukrainian economics, and, first of all, its scientific and industrial complex. In the conditions of inflation, especially in the first half of the 1990s, prices for new equipment grew significantly faster than the production of this equipment, which caused a steady decline in the economic effect of its application. It turned out that the new equipment is more expensive than the skilled labor. Under such a state of affairs, modernization became unfavorable, since enterprises that did not use the achievements of scientific and technological progress had lower losses and, consequently, better individual conditions of production. To this we must add a sharp decline in the amount of R & D funding from the state and a «brain drain» abroad.

The emergence of a new class of models of economic growth with endogenous technological progress caused an increase in interest in the problems of economic dynamics.

In the process of studying these models, three important conclusions were drawn: obtaining economies of scale from the greater involvement of resources involved in the process of obtaining new knowledge; The possibility of influencing the pace of long-term economic growth through appropriate public policies that stimulate the process of capital accumulation; Strengthening the influence of the magnitude of economic space, conditioned by the importance of international trade, as well as the processes of globalization and disintegration.

At the heart of P. Romer's models is the division of the economy into three sectors [6]. The gain of new knowledge ( $g$ ) is expressed by the formula

$$g = \alpha I_k Z, \quad (1)$$

where  $\alpha$  – the parameter of scientific productivity.

In the research sector (let's call it the first sector) on the basis of the concentration of intellectual capital  $I_k$  and the existing stock of knowledge  $Z$ , new knowledge is acquired, subsequently materialized in the form of new technologies.

Firms in the intermediate sector (second sector) of the economy use scientific knowledge obtained in the research sector for the production of fixed assets (technological equipment). It should be noted that each company in this sector is a monopolist and receives a monopoly profit, since it has a patent for the release of its products.

The next sector (the third sector) of the economy ensures the output of final consumer products on the basis of the means of production, labor resources and intellectual capital available to all three sectors of the economy.

The following conclusions can be drawn as a result of the analysis of P. Romer's model: the rate of economic development directly depends on the amount of intellectual capital  $I_k$  available in the first sector, in which new knowledge is obtained; Any artificial delay in the process of obtaining new knowledge for exceptionally economic reasons will sooner or later affect the indicators of economic dynamics.

P. Hovit and F. Agayon proposed a model of economic development based on the views of I. Schumpeter on the role of «creative destruction» [7]. The essence of the model is that economic development is a consequence of the technological process, which is determined by competition between firms that generate and carry out promising product and technological innovations. The authors argue that a higher intensity of innovation flow, an increase in the scale of the impact of innovation on economics and an increase in the share of skilled labor associated with the production of intermediate goods lead to a uniform trajectory towards an increase in the average rate of economic growth.

V. Hang, L. Blackburn and F. Pozzolo developed an exogenous model of economic development that is invariant to a wide range of methods of targeted state regulation [8]. The model is based on the concept that research is conducted by specialized firms using intellectual capital and accumulated knowledge. Economic growth is achieved if the supply of intellectual capital in the market increases. In this case, there is a simultaneous increase in activity in the field of research and development. State policy ensures long-term growth in the event that it is carried out in the sphere of education, that is, it directly affects the reconstruction of intellectual capital.



We can make up the following main conclusions, as a result of the analysis of existing models of economic growth with endogenous technological progress. The main method of ensuring innovative development is the introduction of technical and product innovations. An important role in economic development is played by scientific knowledge and the accumulation of intellectual capital. Of great importance is the intellectual and financial capital concentrated in the field of R & D.

The role of venture funds and firms is growing as economic agents that promote the introduction of new scientific achievements into real production.

Models of economic development with endogenous technological changes have certain drawbacks. For example, R. Solow, one of the founders of the neoclassical theory, noted that in models a lot of special, not very well-founded and verified assumptions about the nature of technological processes, the nature of scientific activity, the formation and use of intellectual capital, the structure of markets [9].

Under such conditions, there is a need for empirical verification of a number of hypotheses and conclusions, in which the very nature of the innovation process changes radically. The analysis of domestic research of innovation processes and innovation policy showed that their main results as a whole coincide with the results of the analysis of endogenous development models.

The model of innovative development  $IM$  can include the most significant factors of scientific and technological development [10; 11] in the form of the objective function

$$IM = f[I; E; S; C; R; B; IT; II; Q; M] \rightarrow \max, \quad (2)$$

where  $I$  – the volume of investment in the innovation sphere;

$E$  – the level of higher education;

$S$  – the level of scientific research and R & D;

$C$  – the level of development of industry;

$R$  – the level of development of regions;

$B$  – the level of development of small and medium business;

$IT$  – the level of introduction of information technologies;

$II$  – the development of innovative infrastructure;

$Q$  – the level of quality of products and services in accordance with the requirements of international standards;

$M$  – the level of development of marketing.

The developed approach to the construction of the model of innovation development, set forth in [12], suggests that to determine the factors that affect the gross domestic product (GDP), it is necessary to produce a correlation analysis with the following notation:

$\tilde{V}$  – GDP;

$x_1$  – foreign direct investment, UAH million;

- $x_2$  – investment in fixed assets, UAH million;
- $x_3$  – number of new equipment, units;
- $x_4$  – the number of new technologies;
- $x_5$  – financing of innovative activity, UAH million;
- $x_6$  – number of enterprises that implemented innovations;
- $x_7$  – number of patents, units;
- $x_8$  – scientific personnel, thousand people;
- $x_9$  – volume of scientific and technological works, mln. UAH.

In this case, the linear equation of the multiple dependence can be written according to formula (3) and the function (4) is compiled

$$\begin{aligned} \tilde{V} = & a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + \\ & + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9. \end{aligned} \quad (3)$$

$$S = \sum_{i=1}^n (V_i - \tilde{V}_i)^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Taking into account the obtained data, taking into account the data of analytical studies for 8 years based on the method of least squares, we have

$$S = \sum_{i=1}^8 \left( V_i - (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9) \right)^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

The regression equation is obtained

$$\begin{aligned} \tilde{V} = & 194 - 0,000174x_1 - 42,245x_2 + 2,478x_3 + 34,376x_4 + \\ & + 39,279x_5 - 62,72x_6 - 0,134x_7 - 842,389x_8 + 9,35x_9. \end{aligned}$$

Estimating the share of each factor in the change in the level of the effective indicator, it is revealed that the greatest share of influence falls on the factors  $x_5$ ,  $x_8$ ,  $x_9$ ,  $x_6$ ,  $x_4$ . The revealed degree of influence of each innovation factor on the resulting indicator can be represented in the form of radius vector ( $\omega_j$ ) of the innovative vector field ( $IVF$ ), which is a polar coordinate system in which the radius vector  $\omega_j$  is the value of the  $\Delta_j$  – coefficient, that is arranged in ascending order by turning it  $\phi_j$  ( $\phi_j = 2\pi / j$ ) clockwise.

By joining successively the points of the ends of the radius vectors  $F_1, F_j$  we obtain an innovative trajectory. In the post-war vector field, we determine the increase ( $\Delta\omega_j$ ) of each radius vector  $\omega_j$  relative to the previous one, that is

$$\Delta\omega_j = \omega_j - \omega_{j-1}. \quad (6)$$

We determine the average value  $\Delta\omega_j^m$  by the formula of a simple mean, then the new value of each of the radius vectors will be determined in a clear sequence starting with the first  $\omega_1$  taking into account the rotation angle  $\phi_j$  of each of the radius vectors, and can be represented as

$$\omega'_j = \Delta\omega_j^m \cdot \phi_j. \quad (7)$$

The resulting equation completely corresponds to the equation of the Archimedes spiral in the polar coordinate system, and by joining the ends of the radius vectors  $\omega'_j$  with a smooth curve by a line, we obtain the Archimedes spiral whose radius  $R'$  is the largest radius vector of the degree of influence of the factor-the spiral pitch.

In other words, the equation can be used as a model of innovation development of the economy, on the basis of which it is possible to predict the degree of influence of each factor on the overall correlation coefficient  $R^2$ , which takes into account the degree of influence of all factors of the given economic-mathematical model on the result on The principles of determining the elasticity of each of the factors, followed by the calculation of the resulting index.

To solve the task of forecasting the resulting GDP index, it is sufficient to increase the step of the helix of the model ( $R'$ ) by the required amount, that is

$$R^* = R' + \Delta R. \quad (8)$$

The predicted value of the constant increase in the radii-vectors of the influence factors is determined by the formula (9)

$$\Delta\omega^*_j = \frac{R^*}{j}. \quad (9)$$

If you substitute the value  $\Delta\omega^*_j$  in the equation, you can get the predicted value of the radius vectors of the influence factors, while calculating the value, that is a new value  $\Delta^*_j$  – coefficients.

Taking into account the ratio of  $\Delta_j$  – coefficients and coefficients of elasticity  $E_x$ , one can determine the predicted value of the elasticity coefficient  $E^*_j$  of each of the innovation factors. The calculated indicators of the parameters of the innovation-development model based on the coefficients  $E_j$  and  $\Delta_j$  – coefficients can be used to construct the innovative trajectory of the development of the Ukrainian economy in the innovative vector field and to implement the forecast of its development.

The results of the calculation show that if the total correlation coefficient  $R^2$  is kept constant, the change in each of the innovative factors by 1 % will lead to a change in the resulting GDP index by  $E^*_j$  percent. The average value, which is calculated by the simple average formula, shows that if all the values of innovation factors change by 1 %, the change in the average value of GDP  $\tilde{V}^m$  can reach the predicted value, which will be equal to

$$\tilde{V}^{*m} = \tilde{V}^m \cdot E^{*m}_j. \quad (10)$$

It should be noted that the factor  $x_1$  (direct foreign investments, mln. UAH) should not be used in the subsequent analysis because of the low degree of influence on the resulting GDP index, then accordingly  $x_2$  (investment in fixed assets, mln. UAH) will become  $x_1$ .

The results of the calculations show that if the constant correlation coefficient  $R^2$  is kept constant, the change in each of the innovation factors by 1 % will lead to a change in the resulting GDP index by the  $E^*_j$  percent, except for,  $x_3$  and  $x_7$ , because  $|E^*_j| \leq 1$ .

To calculate the new resultant index of the innovation development of the economy, in particular GDP, the average value of the elasticity index, which equals 0.11 (11 %), was determined.

The average value  $E^{*m}_j$  shows that when all the values of innovation factors change by 1 %, the change in the average value  $\tilde{V}^m$  can reach the predicted value, which can be calculated by the formula. If we take the value of GDP in the pre-crisis period for 1, then taking into account the factors of innovative development of the economy on the basis of using the model, we can assume that in a period of time that will be necessary to increase the degree of influence on the innovation sphere through state regulation, increase by 0.11 or 11 %.

**Conclusions.** Using the obtained economic-mathematical analysis and software, a model of innovative development of the Ukrainian economy was built and a forecast of its development was carried out.

Modeling has shown that it is necessary to sharply increase financial investments in the development of the national innovation system. Previous studies have led to the conclusion that for this there is a real source – the withdrawal from the «shadow» of hidden revenues and the creation of conditions for attracting foreign investment.

The analysis of the sources of economic growth showed that in Ukraine there are real competitive advantages that take into account the scientific and technical potential, which is reflected in the verbal models of innovation development. The main difficulty of modeling is that the object (the innovation system) does not stop in development, but constantly evolves. Therefore, two basic principles of constructing models should be used – self-tuning, that is, response to signals from the internal and external environment, and self-improvement – adjustments in time based on monitoring. At the regional level, neoclassical models can be used, which are based on a three-factor production function. At the national level, a model based on identified factors of innovation development with mathematical support is expedient, which allows predicting the degree of influence of each factor on the principles of determining their elasticity with the subsequent calculation of the resulting index. As a result, it allows to determine the degree of influence of state regulation on the innovation sphere.

#### REFERENCES

1. Kejn E. *Ekonomicheskaja statistika i ekonometrija. Vvedenie v kolichestvennyj ekonomicheskij analiz* / Je. Kejn: per. s angl. / Pod red. R. Jentova. – M.: Statistika, 1977. – P. 19.
2. *Postanovlenie Kabineta Ministrov Ukrainy ot 14.05.2008 g. № 447 «Stvorennja v Ukraini innovacijnoj infra-strukturi» na 2009-2013 gg.* / [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.in.gov.ua/index.php?get=148&id=1227>.
3. Kacura S.N. *Stanovlenie innovacionnoj sistemy v Ukraine: nacional'nyj i regional'nyj aspekty: monogr.* / S.N. Kacura: NAN Ukrainy, Int-t ekonomiki prom-sti. – Doneck, 2011. – 504 p.
4. Kacura S.M. *Innovacijna model' ekonomichnogo zrostannja* / S.M. Kacura // *Upravlenie ekonomikoj perehodnogo perioda: Sb. nauch. tr.* – Donec'k: IEP NAN Ukraini, 2000. – Vyp. 1. – S. 88-99.5.
5. Pitera V.M. *Zastosuvannya proektno-orientovanogo pidhodu v upravlinni innovacijnoju diyal'nistju* [Using of the project-oriented approach in the innovative activity management]. *Visnyk NTU «KhPI»* [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkiv, NTU «KhPI» Publ. – № 1 (1173). – 2016. – P. 35-42.
6. Romer P. *Endogenous Technological Change* / P. Romer // *Journal of Political Economy.* – 1990. – V. 98. – № 5. – P. 71-102.

7. *Aghion P. Model of Growth through Creative Destruction / P. Aghion, P. Howitt // Econometrica. – 1992. – V. 60. – № 1. – P. 323-351.*
8. *Dagaev A. Novye modeli ekonomicheskogo rosta s jendogennym tehnologicheskim processom / A. Dagaev // Mirovaja ekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija. – 2001. – № 6. – P. 1-42.*
9. *Solow R. Growth Theory / R. Solow // Companion to Contemporary Economic Thought L. – 1991. – P. 393-415.*
10. *Magidenko A.S. O perspektive innovacionnogo razvitija ekonomiki Latvii: narodnohozjajstvennyj i regional'nyj aspekty / A.S. Magidenko, M.N. Shenfelde, K.K. Didenko // Visnik Donec'kogo universitetu. Ser. V: Ekonomika i pravo. – 2003. – Vip. 2. – P. 27-28.*
11. *Shovkun I.A. Institucional'nye osnovy innovacionnogo razvitija: mezhdunarodnyj opyt i uroki dlja tranzitivnyh ekonomik / I.A. Shovkun // Ekonomicheskaja teorija. – 2005. – № 3. – P. 66.*
12. *Kacura S.M. Model' innovacijnogo rozvitku ekonomiki kraїн Shidnoї Evropi / S.M. Kacura, T.S. Medvedkin // Problemy i perspektivy razvitija sotrudnichestva mezhdru stranami Jugo-Vostochnoj Evropy v ramkah Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva i GUAM: Zb. nauk. pr. – Doneck: DonNU, 2005. – P. 202-212.*

*Стаття надійшла до редакції 04.04.2017*

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, проректор з навчально-організаційної роботи Одеського національного морського університету  
**А.В. Шахов**

кандидат технічних наук, доцент, директор Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія», **В.І. Чимшир**

УДК 37.0

Н.В. Адамчук, Г.М. Андреевская

### ЛЕКЦИЯ КАК ИНТЕРАКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ MOODLE

*В данной статье рассмотрены преимущества дистанционного обучения и предложены методические рекомендации по организации и настройке элемента курса «Лекция в системе Moodle ОНМУ».*

**Ключевые слова:** дистанционное образование, элемент курса лекция, дистанционный курс, создание дистанционного курса, платформа Moodle.

*У даній статті розглянуті переваги дистанційного навчання і запропоновані методичні рекомендації щодо організації та налаштування елемента курсу «Лекція в системі Moodle ОНМУ»*

**Ключові слова:** дистанційна освіта, елемент курсу лекція, дистанційний курс, створення дистанційного курсу, платформа Moodle.

*This article discusses the advantages of distance learning and methodical recommendations on organization and setting up of element of the course «A Lecture in the system Moodle ONMU».*

**Keywords:** distance education, course element lecture, distance course, distance learning course, Moodle platform.

**Актуальность темы.** Сегодняшние условия диктуют стремительное (можно сказать революционное) развитие цифровых технологий. Глобальная компьютеризация вызывает глубокие изменения в жизни общества, в том числе в сфере образования. Одним из бурно развивающихся направлений образовательной деятельности является дистанционное образование (ДО). Возможность появления новой формы обучения обусловлена наличием мировой компьютерной сети – Интернет.

Если раньше обучение проходило практически один раз и на всю жизнь, то теперь образование вполне может быть непрерывным и длиться неограниченное время. Этому способствуют современные интернет технологии, позволяющие проводить эффективное повышение квалификации специалистов, получать второе образование. Число студентов (слушателей ДО) практически не ограничено. Так как нет необходимости в дополнительных зданиях и аудиториях. Например, в Турецком Дистанционном университете обучается более половины зарегистрированных студентов, а в Национальном Открытом Университете Индиры Ганди – учится более миллиона студентов. Большая часть вузов США имеет как минимум один курс дистанционного обучения.

**Проблематика исследования.** Дистанционное обучение обеспечивает высокое качество обучения за счет применения современных средств, объёмных электронных библиотек и т. п. Студенты получают возможность организовать свой личный учебный процесс более гибко – учиться в наиболее подходящее время и удобном месте.

При этом стоимость дистанционного обучения ниже, чем при обычных формах обучения. Прежде всего за счет того, что большая часть курса может быть пройдена дистанционно. Отведя на традиционные формы (в аудитории) только самую необходимую часть, например, такие виды деятельности как лабораторные работы, выполнить которые в домашних условиях невозможно. Студентам нет необходимости переезжать от места жительства к месту обучения.

У студентов появилась возможность выбора необходимого курса обучения из разных университетов и из разных стран. Конечно, такой подход предъявляет иные требования к студенчеству. Новая технология обучения требует лучшей организации самостоятельной работы. Требуется больше организованности и самодисциплины. Но совершенствование этих качеств приводит, в конечном итоге, к подготовке специалистов более высокого уровня, востребованных на рынке труда.

Техническая сторона ДО реализуется наличием разнообразных систем, позволяющих организовать определенным образом контент дистанционного курса. К числу наиболее популярной системы можно отнести систему Moodle (модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда). Популярность данной системы обусловлена с одной стороны – гибким, простым набором инструментов, с другой – ее бесплатностью. Открытая система Moodle позволяет пользователям настроить процесс дистанционного образования по своему усмотрению, для своих локальных нужд. Оценить популярность системы и число пользователей курсов можно на странице статистики официального сайта <https://moodle.net/stats/>: свыше 70 тыс. зарегистрированных сайтов из 234 стран, более 10 млн. курсов и 90 млн. пользователей.

**Постановка задачи.** Сравнительно недавно в Одесском национальном морском университете была развернута система Moodle для создания дистанционных курсов. Чтобы подготовить преподавательский состав к работе с данной системой был создан специальный базовый курс. Он охватил все аспекты работы с элементами и ресурсами системы. На наш взгляд техническая сторона вопроса была охвачена достаточно полно. Правда оставались некоторые сомнения в части принятия и понимания новой формы обучения преподавателями. Т.к. возникают новые требования и запросы к организации учебного процесса. И эти сомнения оказались, к сожалению, оправданными. Необходимые психологические изменения, затребованные в новых условиях, сами по себе не произошли. Требуется серьезная работа по изменению психологии преподавателей. В качестве «утешительного приза» можно отметить, что анализ опыта внедрения подобных систем в других вузах показал абсолютную схожесть



возникших проблем. Эти проблемы не зависят от структуры университета, числа курсов, региона и других факторов.

Значительная часть преподавателей встречает наличие системы как минимум настороженно. Высказываются сомнения в получаемом качестве обучения. Мотивируя это тем, что личность преподавателя, его присутствие в аудитории, ничем не заменить и не компенсировать. Возникают опасения в нужности преподавателя – «нас всех уволят». Еще один немаловажный аспект – это авторские права на созданный курс.

**Результаты исследования.** Хотим отметить, что разработанные материалы являются интеллектуальной собственностью вуза и разработчика. Курс в обязательном порядке содержит информацию об авторе. Приложенная актуальная фотография разработчика является с одной стороны подтверждением авторских прав, а с другой – устраняет некоторую обезличенность цепочки преподаватель – студент. Полагаем, что со временем между вузами будет налажено взаимодействие в части обмена курсами. Наиболее «сильные» и удачные курсы получают приоритетное использование. Все это должно гарантировать востребованность преподавателя.

Конкуренция между курсами разных вузов будет являться движущей силой, направленной на создание качественного контента курса. Некачественное содержание (контент) не скрыть ничем.

Переход на новые рельсы изменяет роль преподавателя от носителя информации к роли наставника в дистанционном курсе. В курсе возможно формирование нескольких ролей: создателя курса (он может разрабатывать курс и проводить обучение), преподавателя с правом редактирования курса и без такого права (например, только принимать и оценивать работы). Таким образом, ведущий преподаватель может передать часть учебной работы на ассистентов. Это позволит рационально распределить преподавательскую нагрузку, выполняемую в учебном процессе.

Классический учебный процесс ограничивает рамки общения преподавателя со студентами аудиторной работой и проверкой заданий. В системе дистанционного обучения преподаватель осуществляет мониторинг учебного процесса.

Одной из методических ошибок преподавателей при создании дистанционного курса является распространенное мнение о том, что при наличии некоторых материалов дисциплины в электронном виде создать курс легко. Достаточно просто перенести имеющиеся материалы в той или иной форме в систему Moodle. Но такой перенос не приводит к положительному результату. Дистанционное интерактивное обучение предполагает несколько иной подход. Здесь уместно привести следующее высказывание одного из ведущих идеологов использования информационных технологий в образовании Дэвида Меррилла, который заявил о том, что «информация сама по себе еще не обучение».

Для того, чтобы обучение было действенным, необходимо не просто правильно разместить текст и картинку на экране. Нужно создать

последовательность, которая проведет слушателя через все шаги изучения и тренировки новых знаний, умений, навыков. И в этой последовательности все должно быть подчинено цели, которую мы ставим перед данным курсом или программой. Если нужно отработать навыки – значит меньше слов и больше практики, если нужно менять отношение к чему-то – значит нужно правильно сформировать эмоциональную атмосферу [1].

Одним из важных элементов системы Moodle, который призван помочь в освоении обучающего материала является элемент – Лекция. Несмотря на такое определенное название, данный элемент содержит механизмы, которые позволяют представлять информацию, как с точки зрения классической лекции в вузе, так и теоретической части практических и лабораторных работ.

Элемент – Лекция строится из набора страниц-информации с теоретическим материалом и страниц с вопросами или тестовыми заданиями.

Подача информации на странице дистанционного курса несколько отличается от традиционной – в учебных пособиях, методических указаниях или электронных изданиях. Рекомендуются разделить лекцию на отдельные небольшие порции – рубрики. Объем рубрики должен быть не более двух-трех страниц на экране. Если есть желание разместить больший объем информации – лучше создайте электронную версию и приложите ее в виде отдельного файла для скачивания. Множественные исследования показывают, что именно порционная подача информации, небольшими объемами (при чтении с монитора) является наиболее приемлемой и дает лучший результат. Анализ представленных дистанционных курсов показал, что преподаватели слишком привыкли к подаче информации на бумажном носителе. «Забыв» о технических возможностях электронной системы. Публикации на бумажном носителе могут иметь ряд ограничений, связанных с цветным выделением фрагментов текста, наличия ярких цветных иллюстраций, подключения к видеоресурсам. Но все эти позиции легко реализуются на странице-информации в Moodle. Форма подачи информации должна быть разнообразной, яркой, насыщенной иллюстрациями.

Некоторые источники, описывающие методику работы с элементом Лекция, часто опускают принципы работы и назначение страниц с вопросами, а иногда открыто говорят, что страницы с вопросами в данном элементе нужны. Мотивируя это тем, что вопросы будут использоваться в тестах. Позволим себе с этим не согласиться. Если создавать элемент-Лекцию без страниц с вопросами, то студент будет самостоятельно решать – достаточно ли полно и в какой степени понимания охвачен материал. Полагаем, что ожидать от всего студенческого состава такого уровня понимания не стоит. Страницы с вопросами в элементе Лекции нужны не для контроля знаний, а для обучения. Особенности обучения в дистанционных курсах предполагают отсутствие преподавателя в момент изучения материала дисциплины. Тогда удачно построенные взаимосвязи между страницами с теоретическим материалом и страниц с вопросами

позволят настроить педагогическую составляющую дистанционного курса. Такая настройка позволяет сформировать из элемента Лекция своего рода компьютерную игру, со своим сюжетом и развитием. Игровая форма, как более увлекательная, способствует большей заинтересованности в изучении материала.

Простым и прямым методом размещения страниц с вопросами является размещение страницы-вопроса после страницы-информации. В случае неправильного ответа система вернет студента на исходную информационную страницу, в случае правильного – перейдет дальше. Желательно, чтобы в случае неправильного ответа студент был не просто перенаправлен на исходную страницу, а получил развернутый комментарий, подсказывающий в чем ошибочность ответа (рис.1).

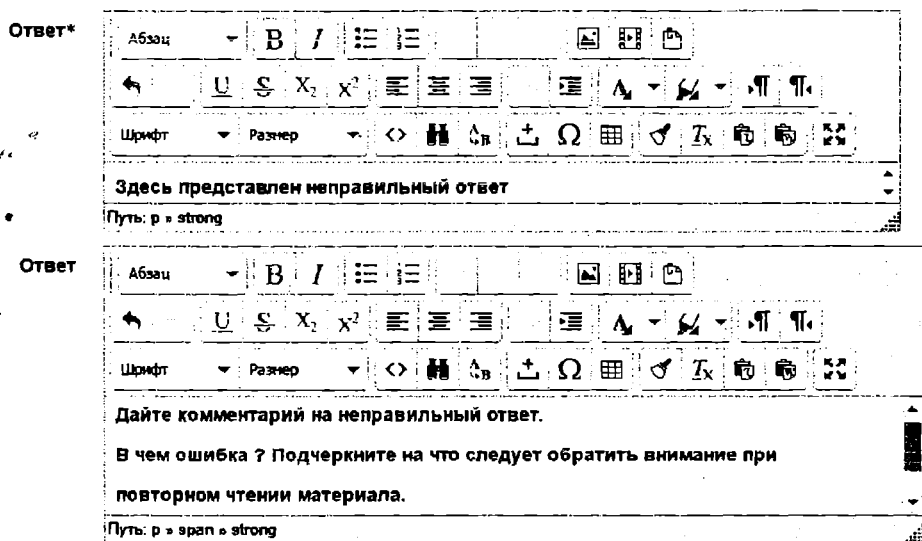


Рис. 1. Форма для добавления комментария на неправильный ответ

Можно разместить после страницы-информации не один, а несколько вопросов, чтобы охватить большую часть представленного материала. Однако не стоит увлекаться, чтобы не превращать процесс обучения в процесс контроля знаний, который в данном случае неуместен.

Другим способом размещения страниц с вопросами является заключение набора вопросов в отдельный блок – кластер. Кластер может содержать достаточно большое число вопросов. Каждый раз после прочтения страницы-информации студенту предлагается ответить на один из вопросов блока. В случае правильного ответа будет выполнен переход на страницу *Информация 2*, в противном случае – на *Информация 1* (рис. 2).

Заголовок страницы	Тип страницы	Переходы
Информация 1	Список разделов	Следующая страница
Заголовок кластера	Кластер	Непросмотренный вопрос в кластере
Вопрос 1	Верно/неверно	Информация 2 Информация 1
Вопрос 2	Краткий ответ	Информация 2 Информация 1
Вопрос 3	Числовой	Информация 2 Информация 1
Конец кластера	Конец кластера	Следующая страница
Информация 2	Список разделов	Конец лекции

*Рис. 2. Схема кластера с вопросами*

Такой подход позволяет более гибко организовать процесс обучения. Вопросы из кластера выбираются случайным образом. После возможного повторного прохода студент каждый раз будет получать новый вопрос. Это гарантирует достижение результата за счет использования механического перебора и подгонки ответов. Но здесь нужно быть внимательными и настроить некоторые параметры и переходы т.к. в случае многократного прохода непросмотренные вопросы в кластере могут закончиться, и система автоматически попадает на страницу *Информация 2*. Чтобы исключить такую ситуацию разместите в конце кластера переход, например на конец лекции.

Вопрос 3	Числовой	Информация 2 Информация 1
Конец кластера	Конец кластера	Следующая страница
Раздел	Конец раздела	Конец лекции
Информация 2	Список разделов	Конец лекции

*Рис. 3. Пример настройки корректной работы кластера*

При небрежном отношении студент будет направлён на завершение лекции. Тем самым будет использована попытка прохождения лекции. В настройках лекции можно установить возможность повторного прохождения лекции и возможное число таких проходов (рис. 3)

▼ Контроль прохождения

Разрешить студентам повторное прохождение	Да ▼
	⊙
Давать возможность повторно ответить на вопрос	Нет ▼
	⊙
Максимальное количество попыток	3 ▼
	⊙

Рис. 3. Пример настройки лекции

Если все попытки будут исчерпаны, то работа с данной лекцией блокируется. Преподаватель получает возможность сделать организационные выводы в отношении данного студента.

Переходы с использованием страниц-вопросов и кластеров позволяют организовать более разветвленные пути прохождения лекции, формируя их в зависимости от качества ответов студентов, а значит от глубины понимания пройденного материала. Конечно, такой подход требует от разработчика дистанционного курса тщательного анализа представляемого материала и проработки (планирования) сценариев прохождения курса.

**Выводы.** Подготовка лекционного материала для дистанционного курса отличается от принятого «классического» подхода. Прямой перенос информации, пусть даже в электронном виде, может дать отрицательный эффект. Положительные результаты достигаются за счет подачи материала лекции небольшими порциями. Это обусловлено особенностями восприятия информации при чтении с экрана. Еще одним необходимым аспектом является построение взаимосвязей-переходов между отдельными лекционными порциями. Эти переходы настраиваются путем размещения блоков с вопросами. Такой подход позволяет организовать работу с лекционным материалом, как интерактивный процесс обучения с игровыми элементами.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: Монография / Под ред. Бадарча Дендева. – М.: ИИТО ЮНЕСКО, 2013. – 320 с.
2. Анисимов А.М. Работа в системе дистанционного образования Moodle: Учебн. пособие. – 2-е изд., испр. и дополн. – Харьков; ХНАГХ, 2009. – 292 с.
3. Положення по атестацію електронного навчального курсу на рівні внз та МОН України, 2010. – 48 с. (Нормативний документ МОНУ).
4. Мультимедиа в образовании: Специализированный учебный курс / Бент Б. Андерсен, Катя ван ден Бринк: Авторизованный пер. с англ. – 2-е изд., испр. и дополн. – М.: Дрофа, 2007. – 224 с.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2017

### Рецензенти:

доктор географічних наук, професор кафедри Гідрології суші  
Одеського державного екологічного університету **Ж.Р. Шакирзанова**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції  
та водні дослідження» Одеського національного морського університету  
**К.Ю. Федорова**

АВТОРИ ЗБІРНИКА

---

**Автутов Микола Володимирович** – головний конструктор, директор по перспективному розвитку Морського інженерного бюро, м. Одеса

**Адамчук Микола Васильович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету

**Андрєєвська Галина Михайлівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету

**Беспалова Алла Вікторівна** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри «Організація будівництва та охорони праці» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Вишневська Ольга Дмитрівна** – ст. викладач кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету

**Дашковська Ольга Петрівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Організація будівництва та охорони праці» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Єгоров Геннадій В'ячеславович** – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

**Єфремова Ніна Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету

**Кібаков Олександр Григорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету

**Книш Олексій Ігорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Організація будівництва та охорони праці» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Кобзарук Олександр Васильович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

---

**Коваленко Ігор Іванович** – доктор технічних наук, професор кафедри Програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

**Кононова Ольга Миколаївна** – старший викладач кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету

**Конопльов Анатолій Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету

**Коростильов Лесентій Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Будівельної механіки та конструкції корпусу корабля Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

**Котенко Руслан Віталійович** – ст. викладач кафедри «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету

**Лалкін Олександр Іванович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету

**Літвіненко Дмитрій Юрійович** – провідний інженер кафедри Будівельної механіки та конструкції корпусу корабля Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

**Лукаш Ернест Павлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету

**Мінаков Віталій Михайлович** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «ПТБ та ДМ» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Мінакова Світлана Михайлівна** – доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри «Системний аналіз і логістика» Одеського національного морського університету

**Нільва Олександр Єфимович** – кандидат технічних наук, провідний науковий співпрацівник Морського інженерного бюро, м. Одеса



АВТОРИ ЗБІРНИКА

---

**Партолога Майя Іванівна** – старший науковий співпрацівник кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету

**Файзуліна Оксана Анатоліївна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Організація будівництва та охорони праці» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Федорова Катерина Юріївна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету

**Черніков Дмитро Володимирович** – головний конструктор Морського інженерного бюро, м. Одеса

**Чернова Любава Сергіївна** – викладач кафедри «Управління проектами» Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

**Чернов Сергій Костянтинович** – доктор технічних наук, професор, заслужений працівник промисловості України, завідувач кафедри Управління проектами Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, директор з персоналу НКВГ «Зоря-Машпроект», м. Миколаїв

**ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

---

Редакційна колегія збірника наукових праць запрошує науковців до співробітництва в галузі інформування науково-технічної громадськості про нові теоретичні і практичні досягнення у сфері функціонування різних видів транспорту.

У журналі публікуються оригінальні та оглядові статті проблемного і дискусійного характеру.

Статті публікуються на одній з трьох мов: українській, російській або англійській.

Стаття повинна задовольняти вимогам ВАК України до публікацій статей у періодичних наукових виданнях.

Редакційна колегія приймає лише наукові статті, які мають такі елементи: постановка проблеми, огляд останніх досліджень і публікацій з цієї проблеми, формулювання завдання дослідження, виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, висновки з цього дослідження, список використаних джерел.

Стаття має відповідати тематичному спрямуванню збірника і бути завізована власноручно підписом автора.

Матеріал необхідно викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці виміру слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI або в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно до вимог чинних державних стандартів.

Рекомендований обсяг статті, що включається у збірник, **не менше 6 сторінок**.

Для опублікування у збірнику необхідно до підписаної всіма авторами статті та рефератів додати такі документи:

- ✓ експертний висновок;
- ✓ 2 рецензії фахівців з науковим ступенем за профілем статті (бажано докторів технічних наук), завірені печаткою;
- ✓ рекомендацію відповідної кафедри, лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;
- ✓ авторську довідку, якщо автор подає рукопис до Видавництва ОНМУ вперше, з зазначенням місця роботи, посади, вчених ступенів і звань, адрес і телефонів.

Рішення про публікацію статті у збірнику приймає редакційна колегія на підставі висновку рецензентів про її наукове та практичне значення.

**ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

---

**Вимоги до оформлення тексту статті**

Редакційна колегія приймає до роботи диски і один примірник роздрукованого текстового оригіналу (файлів), що є на диску. Текстовий редактор **Word** – файли в форматі (Word 97-2003 & 6.0/95 RTF).

Необхідно додержуватись головної вимоги – відповідність шрифтів документа його формату. Оформлення рівнозначних фрагментів документа (заголовків, підписів під рисунками, формул тощо), позначень ідентифікаторів перемінних та констант повинно бути однаковим по всій роботі. Одна і та ж величина (фізична, хімічна, економічна тощо) повинна мати однакове начертання літер.

Текст набирається з додержанням нижченаведених правил:

- ✓ абзаци відокремлюються один від одного одним маркером кінця абзацу (застосування цього символу в інших цілях не допускається);
- ✓ усі слова всередині абзацу розділяються тільки одним пробілом;
- ✓ перед розділовим знаком пробіли не ставлять, після розділового знака – один пробіл;
- ✓ після ініціалів (перед прізвищем), перед скороченнями і між ними ставиться нерозривний пробіл;
- ✓ виділення курсивом, напівжирним, великими літерами забезпечуються засобами Word.

**Розміри полів на сторінках видання**

Розмір паперу – формат А4 210 x 297 мм.

- ✓ верхнє – 2 см;
- ✓ нижнє – 3 см;
- ✓ лівє – 2,5 см;
- ✓ правє – 1,5 см.

Стиль, рекомендований для друку – Times New Roman, 14 пт; рядковий;

- вирівнювання – по ширині;
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- заборона висячих рядків;
- режим переносу слів – відключений.

**Розстановка переносу слів ручним способом забороняється!**

У лівому куті статті зверху проставляється індекс УДК, ініціали та прізвища авторів передують заголовку і друкуються рядковими літерами – по центру.

**Назва статті**

**ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

---

- ✓ відступ – 0,75;
- ✓ шрифт – Arial Суг, 14 пт, великий;
- ✓ напівжирний;
- ✓ вирівнювання – по центру.

**Редакційна колегія звертає увагу авторів на те, що назва статті повинна коротко і максимально точно відображати суть проведених досліджень.**

**Анотація складається обов'язково трьома мовами:** українською, російською обсягом 50-60 слів. Обсяг англійської анотації має бути розширеним – 100-250 слів.

Анотації повинні бути:

- інформативними (не містити загальних, нічого не значущих слів);
- змістовними (відображати основний зміст статті і результати досліджень);
- структурованими та компактними;
- англійська анотація повинна бути написана якісно.

**Ключові слова – обов'язково трьома мовами:** українською, російською та англійською (5-10 слів) наводяться після анотації.

**Основний текст** відображує зміст статті та нові наукові досягнення. У статті рекомендується виділення основних розділів:

**Вступ** .....

**Аналіз основних досягнень і літератури** .....

**Мета дослідження, постановка задачі** .....

**Матеріали досліджень** .....

**Результати досліджень** .....

**Висновки** .....

Текст статті починається через один порожній рядок після ключових слів анотації.

Назви розділів друкуються жирним шрифтом. Посилання в тексті на рисунки та таблиці мають вигляд (рис. 1), (табл. 1), або (див. рис. 1, а); (у табл. 2). Посилання на літературу надаються у квадратних дужках, наприклад, у [3], у [4; 6], або [2-5].

У тексті рекомендується використовувати тире середньої довжини.

ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

---

Розміри для введення формул

- ✓ основний – 16 пт;
- ✓ крупний індекс – 12 пт;
- ✓ дрібний індекс – 10 пт;
- ✓ крупний символ – 18 пт;
- ✓ дрібний символ – 14 пт;
- ✓ перемінна – курсив (на 2 пт більше базового);
- ✓ функція и константи – прямий шрифт (на 2 пт більше базового);
- ✓ скорочення в індексах – прямий шрифт.

Математичні формули набирають тільки вбудованим редактором формул Microsoft Equation 3.0. Вони потребують однакового написання та розміщення елементів. Індокси та показники степеня повинні бути однакоvими за розміром, але не більше ніж у два рази меншими за основну строку формули та однаково опущеними чи піднятими по відношенню до лінії основного рядка формули, щоб при зменшенні в 1,5 рази вони безпомилково читались.

Номери формул позначають арабськими цифрами у круглих дужках, розташовуючи їх біля правого краю полоси. У разі, якщо номер не вміщується у рядку формули, його виділяють у наступний за формулою черговий рядок. Біля формули, що займає декілька рядків, номер ставлять біля останнього рядка, біля формули-дробу – навпроти основної ділильної лінійки. Невеликим формулам у одному рядку, якщо вони складають єдину групу, присвоюють один загальний номер. Групу формул, розташованих окремими рядками, охоплюють справа чи зліва парантезом і номер групи розташовують проти його вістря, а якщо парантеза справа нема – проти середини цієї групи.

Якщо формула набирається у редакторі формул шрифтом Times курсивом, то і по тексту символи необхідно набирати курсивом, тобто символи по тексту повинні відповідати символам у редакторі формул.

Якщо формула набирається шрифтом Arial не курсивом, то і по тексту символи повинні відповідати формулі.

Рисунки набираються по тексту, повинні бути згрупованими, розмір не повинен перевищувати 10x12 см.

Підписи та надписи у графічних об'єктах (рисунках, схемах та т. інш.) неможна робити за допомогою інструменту надпису панелі інструментів (Рисування) у зв'язку з тим, що при збільшуванні чи зменшуванні графічних об'єктів текстові блоки викривлюються.

Для створення графічних об'єктів рекомендується використовувати графічні програми Paint, Corel Draw, AutoCad та інш.

ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

---

Середня кількість ілюстрацій за обсягом не повинна перевищувати 20 % авторського тексту, що при розмірі 10x12 см складе 7-8 рисунків на авторський лист.

Якщо рисунок у статті один, то він не нумерується, посилання на нього робиться словом «рисунок» без скорочення, а під самим рисунком слово «рисунок» не пишеться. Підпис з експлікацією без підпису (теми зображення) неприпустиме.

Підпис завжди починають з великої літери, експлікації – з малої. Крапки у кінці підпису не ставлять. Після основного підпису, якщо далі йде експлікація, прийнято ставити двокрапку. Елементи експлікації відділяють один від одного крапкою з комою, а цифрові або буквені позначення від тексту пояснення – знаком тире.

**Таблиці.** Ширина таблиці повинна відповідати ширині текстового блоку видання. Розмір шрифту для набору таблиці – 14 кегль. Допускається розмір шрифту – 12 кегль.

Таблиці повинні бути надруковані у тексті після абзаців, що мають посилання на них. Таблиця має нумераційний заголовок та тематичний заголовок, що визначає її тему та зміст (без розділового знака на кінці).

Якщо в тексті одна таблиця, нумераційний заголовок не пишеться. Тематичний заголовок не пишеться у таблиці допоміжного характеру, у такій, що немає самостійного значення.

Основні вимоги до тематичного заголовка – точність, відповідність призначенню, зміст таблиці, виразність та короткість.

Над таблицею, що продовжується, пишеться нумераційний заголовок «Продовження табл. \_ », якщо вона не закінчена, або «Закінчення табл. \_ », якщо закінчена.

Текст таблиці не повинен виходити за лінії, що обмежують графі. Числа у таблиці, що мають більше чотирьох цифр, повинні ділитися на класи по 3 цифри, інтервалом у один пробіл (виняток номери та дати).

Таблиці повинні бути закритими з боків та внизу. Графу «Номер з/п» давати тільки тоді, коли є посилання на цю нумерацію.

*Заголовки граф* ставлять у називному відмінку однини чи множини без довільного скорочення слів.

У одноярусній головці усі заголовки пишуться з великої літери.

У дво- і багатоярусній головці заголовки верхнього ярусу пишуться з великої літери, а заголовки наступних ярусів – з великої літери, якщо вони граматично не підпорядковуються заголовку верхнього ярусу, що стоїть над ними.

*Примітки та виноски* за змістом таблиці необхідно друкувати тільки під таблицею. *Виноски* позначаються *зірочкою*.

ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

---

**Література**

**Список літератури** подається в порядку посилання. Неприпустиме посилання на неопубліковані та незавершені праці.

**Матеріали і документи, які не повністю оформлені або не відповідають усім вимогам, не розглядаються.**

**УВАГА!**

**Матеріали, що подаються для опублікування, повинні бути актуальними, виключати паралелізм та дублювання.**

Передрукування та будь-яке використання матеріалів здійснюється з обов'язковим посиланням на збірник.

Автори несуть повну відповідальність за науковий зміст, точність фактичних даних, посилань на джерело, а також ілюстративного матеріалу і цитат.

Редакція не завжди поділяє позицію авторів публікацій.

ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

---

**Приклади бібліографічного опису документа**

**Опис книги одного автора**

Іванов О.К. Економічний аналіз: Учебний посібник / О.К. Іванов.  
– СПб.: Вид. СПбГТУ, 1998. – 88 с.

**Опис книги двох авторів**

Гаврикова Т.А. Дислокация в кристаллах: Учебн. пособие /  
Т.А. Гаврикова, Б.А. Зыков. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 72 с.

**Опис книги трьох авторів**

Сергеев К.Г. Физические методы контроля качества материалов и  
продукции: Учебн. пособие / К.Г. Сергеев, Н.А. Столярова, И.И. Горш-  
ков. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 52 с.

**Опис книги під редакцією**

Пористые проницаемые материалы: Справ. / Под ред. С.В. Белова.  
– М.: Metallurgia, 1987. – 333 с.

**Опис методичних вказівок**

Управление проектами: Метод. указания / В.П. Капитанов. –  
Одесса: Изд-во ОНМУ, 2005. – 37 с.

**Опис складової частини видання**

Ильф И.А. Источник веселья / И.А. Ильф, Е.П. Петров // Собр.  
соч.: В 5 т. – М., 1961. – Т.5. С.94-97.

**Опис статті зі збірника, книги**

Кириллов В.Н., Демидюк А.В., Тонюк В.И. Экспериментальная  
установка для исследования гидродинамических характеристик  
продольной качки моделей судов // Вісник ОДМУ. – Одеса: Вид-во  
ОДМУ. – 1998. – № 1. – С.90-93.

**Опис статті з журналу**

Вечорин Е.Л., Константин Петрович Боклевский / Е.Л. Вечорин //  
Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1999. – № 1(15). – С. 113.

Синтез перенасыщенных аналогов пенициллина / Е.Ф. Панарин,  
М.В. Соколовский, М.Б. Беров, М.А. Жукова // Изв. АН СССР. Сер. хим.  
– 1974. – № 10. – С. 2300-2303.



ВИМОГИ  
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

---

**Опис статті з газети**

Немировский Е.Л. Первопечатник Иван Федоров / Е.Л. Немировский // Лит.газ. – 1984. – 5 мая. – С.16.

**Опис стандартів**

ГОСТ 7.1-84 СИБИД. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 76 с.

**Опис патентних документів**

А.с. 1254421 СССР, МКИ G 03 G 15/00. Электрографический микрофильмирующий аппарат / А.Г. Арутюнов (СССР). Опубл. 23.06.86. Бюл. № 32.

**Опис авторефератів дисертацій**

Касимовский Н.И. Разработка оксидного катализатора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук // Н.И. Касимовский; ЛТИ им. Ленсовета. – Л., 1988. – 16 с.

**Опис дисертації**

Талишинский Р.Р. Документализм в публицистике: Дис. ... канд. филол. наук / Р.Р. Талишинский; Моск.гос.ун-т. – М., 1986. – 203 с.

**Опис іноземних літературних джерел** підпорядковується тим же правилам. Наприклад:

Wyner F. The wire-tap channel / A. Wyner// Bell System Technical J. – 1975. – Vol. 54. – № 3. – P. 1355-1387.

Наукове видання

**ВІСНИК  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**Збірник наукових праць**

**Випуск 1 (50)**

Засновник – Одеський національний морський університет

*Українською, російською  
та англійською мовами*

Видається з червня 1997 р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4242 від 26.12.2011 р.

---

Підписано до друку з оригінал-макету 26.04.2017.  
Формат 70x108/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 13,1.  
Замовлення № 58.

Надруковано у Видавництві ОНМУ  
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.  
Тел. 728 31 14